

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра екології та технології рослинних полімерів

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ М.Д. Гомеля

«___» _____ 20__ р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

**з напрямку підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього
середовища та збалансоване природокористування»**

**на тему: «Розробка та розрахунок безстічної установки натрійкатіонного
пом'якшення води»**

Виконала:

студентка IV курсу, групи ЛЕ-51

Рижук Олена Миколаївна

Керівник:

Зав. кафедри, д.т.н., проф.

Гомеля М. Д.

Консультант з розділу «Охорона праці»:

Доцент, к.т.н., доцент

Ковтун І.М.

Рецензент:

Засвідчую, що у цьому дипломному
проекті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студентка _____

Київ – 2019 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проект	2	
2	A4	ДП ЛЕ51. 23.019 ПЗ	Пояснювальна записка	69	
3	A1	ДП ЛЕ51. 23.019 СТ	Технологічна схема	1	
4	A1	ДП ЛЕ51. 23.019 ТК	План цеху на відм. +0,000	1	
5	A1	ДП ЛЕ51. 23.019 ТК	Поперечний розріз цеху	1	
6	A1	ДП ЛЕ51. 23.019 ТК	Повздовжній розріз цеху	1	
7	A1	ДП ЛЕ51. 23.019 ХВ	Характеристики води	1	
8	A1	ДП ЛЕ51. 23.019 ГП	Генеральний план	1	

				ДП ЛЕ-51 23.019		
	ПІБ	Підп.	Дата			
Розробн.	Рижук О.М.			Відомість дипломного проекту	Лист	Листів
Керівн.	Гомеля М.Д.				1	1
Консульт.	Ковтун І.М.				КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ЕтаТРП Гр. ЛЕ-51	
Н/контр.						
Зав.каф.	Гомеля М.Д.					

Пояснювальна записка
до дипломного проекту
на тему: «Розробка та розрахунок безстічної установки
натрійкатіонного пом'якшення води»

Київ – 2019 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Інженерно-хімічний факультет
Кафедра екології та технології рослинних полімерів

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки (програма професійного спрямування) – 6.040106
«Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване
прородокористування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Гомеля М.Д.

« ____ » _____ 2018 р.

ЗАВДАННЯ
на дипломний проект студентці
Рижук Олени Миколаївни

1. Тема проекту «Розробка та розрахунок безстічної установки натрійкатіонного пом'якшення води», керівник проекту Гомеля М.Д., д.т.н., затверджені наказом по університету від «22» травня 2019 р. № 1323-С.
2. Термін подання студентом проекту 10 червня 2019 року.
3. Вихідні дані до проекту: Продуктивність установки - 500 м³/добу; кольоровість – до 20 град; жорсткість – 4,0 - 5,2 мг-екв/дм³; лужність – 3,7 – 4,9 мг-екв/дм³; рН = 6,7 – 7,6; каламутність – до 0,5 мг/дм³; концентрація кальцію – 3,2 - 4,0 мг-екв/дм³; концентрація магнію – 0,8-1,2 мг-екв/дм³; концентрація сульфатів – 27 – 59 мг/дм³; концентрація хлоридів – 15 – 45 мг/дм³; концентрація силікатів – 15 мг/дм³.
4. Зміст пояснювальної записки: вступ, технологічна частина, технологічні та гідравлічні розрахунки споруд, будівельна частина, охорона праці, висновки, список використаних джерел.
5. Перелік графічного матеріалу: технологічна схема, план цеху на відмітці + 0.000, повздовжній та поперечний розріз цеху, генеральний план ПАТ Київський завод «РІАП».

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Ковтун І.М., доцент		

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Проходження переддипломної практики	14.04 – 19.05	
2	Обґрунтування технологічної схеми	20.05 – 23.05	
3	Проведення технологічних розрахунків	24.05 – 31.05	
4	Оформлення пояснювальної записки	01.06 – 04.06	
5	Виконання креслень	05.06 – 09.06	

Студент

Рижук О.М.

Керівник проекту

Гомеля М.Д.

АНОТАЦІЯ

Дипломний проект: 69 стор., 7 рис., 7 табл., 5 додатків, 6 креслень, 16 джерел.

Дипломний проект містить пояснювальну записку та графічні матеріали. Пояснювальна записка складається з чотирьох розділів: технологічна частина, технологічні та гідравлічні розрахунки очисних споруд, будівельна частина та охорона праці.

В технологічній частині наведено характеристики та вимоги до пом'якшеної води, розроблено та обґрунтовано технологічну схему, проведені розрахунки матеріального балансу та наведені теоретичні дані про хімічні та фізичні процеси, що реалізуються в даній технологічній схемі. В будівельній частині розроблено та описано об'ємно-планувальне вирішення будівлі та розміщення очисних споруд. В розділі охорони праці проведено аналіз шкідливих виробничих чинників та розроблено заходи зі створення безпечних умов праці. Креслення виконані та форматі А1.

Тема дипломного проекту – «Розробка та розрахунок безстічної установки натрійкатіонного пом'якшення води»

ПОМ'ЯКШЕННЯ ВОДИ, ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА, ОЧИСНІ СПОРУДИ, ДВОСТУПЕНЕВЕ НАТРІЙКАТІОНУВАННЯ, МАТЕРІАЛЬНИЙ БАЛАНС, ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ

					ДП ЛЕ51. 23.019 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.	Рижук О.М.						6	67
Перевір.	Гомеля М.Д.					КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ЕтаТРП Гр. ЛЕ-51		
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.								

ANNOTATION

Course project: 69 pag., 7 fig., 7 tabl., 5 annexes, 5 drawings, 16 sources.

The diploma project contains an explanatory note and graphic materials. The explanatory note consists of four sections: the technological part, the technological and hydraulic calculations of the treatment facilities, the building part and the occupational safety and health.

In the technological part the characteristics and requirements for softened water are given, the technological scheme is developed and substantiated, the material balance calculations are carried out and the theoretical data on the chemical and physical processes realized in this technological scheme are given. In the building part a three-dimensional planning solution for the building and the location of treatment facilities has been developed and described. The section of occupational safety and health has analyzed the harmful factors of production and developed measures to create safe working conditions. Drawings are executed in A1 format.

The topic of the diploma project - "Development and calculation of a non-fixed installation of sodiumkationic water softening"

WATER SOFTENING, TECHNOLOGICAL SCHEME, TREATMENT FACILITIES, DOUBLE SODIUM CATION, MATERIAL BALANCE, TECHNOLOGICAL AND HYDRAULIC CALCULATIONS

					ДП ЛЕ51. 23.019 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.	Рижук О.М.						7	67
Перевір.	Гомеля М.Д.					КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ЕмТРП Гр. ЛЕ-51		
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.								

ЗМІСТ

ВСТУП	10
1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	10
1.1. Характеристика вихідної води та вимоги до пом'якшеної води.....	10
1.2. Розробка та обґрунтування технологічної схеми пом'якшення води.....	10
<i>1.2.1. Термічний метод пом'якшення води.....</i>	<i>14</i>
<i>1.2.2. Реагентний метод пом'якшення води.....</i>	<i>15</i>
<i>1.2.3. Іонообмінний метод пом'якшення води.....</i>	<i>19</i>
<i>1.2.4. Пом'якшення води за допомогою діалізу.....</i>	<i>21</i>
1.3. Технологічна схема пом'якшення води	23
1.4. Розрахунок матеріального балансу	25
1.5. Теоретичні дані про хімічні, біологічні, фізичні процеси, що реалізуються в даній технологічній схемі	35
<i>1.5.1. Іонний обмін.....</i>	<i>35</i>
<i>1.5.2. Відстоювання.....</i>	<i>39</i>
<i>1.5.3. Гідроліз.....</i>	<i>42</i>
2. ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ ОЧИСНИХ СПОРУД	44
2.1. Розрахунок приймальних камер	44
2.2. Розрахунок баків регенераційних розчинів.....	44
2.3 Розрахунок баків накопичувачів.....	45
2.4. Розрахунок іонообмінних фільтрів.....	45
2.5. Розрахунок резервуару пом'якшеної води.....	46
2.6. Розрахунок вертикального відстійнику.....	47
2.7. Розрахунок бака-усереднювача.....	48
2.8. Розрахунок шламосховища.....	49
3. БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА.....	52
3.1. Об'ємно-планувальне вирішення будівлі.....	52

					Пояснювальна записка	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

3.2. Вибір конструктивних елементів будівлі.....	52
3.3. Розміщення очисних споруд.....	55
4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	57
4.1. Повітря робочої зони.....	57
4.2. Електробезпека.....	58
4.3. Вибухопожежонебезпека.....	59
4.4. Промислове освітлення.....	60
ВИСНОВКИ.....	61
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	62
Додаток 1	64
Додаток 2	66
Додаток 3	67
Додаток 4	68
Додаток 5	69

ВСТУП

Зростання міст, бурхливий розвиток промисловості, інтенсифікація сільського господарства, значне розширення площ зрошуваних земель, поліпшення культурно-побутових умов і ряд інших чинників все більше і більше ускладнюють проблеми забезпечення водою у всьому світі. Все частіше стоїть питання як підготовки питної води, так і технічної.

На сьогоднішній день найбільш актуальними завданнями є розробка досконалих технологій очищення та підготовки води, грамотне проектування систем підготовки природних та очищення стічних вод, будівництво нових і модернізація вже існуючих очисних споруд.

Метою даної роботи є на основі систематизації, закріплення та розширення теоретичних і практичних знань, розробити дипломний проект пом'якшення води, де вирішуються такі наукові, технічні та економічні питання:

- розробка та обґрунтування технологічної схеми;
- вибір відповідних споруд та обладнання;
- технологічні та гідравлічні розрахунки очисних споруд;
- об'ємно-планувальне розміщення очисних споруд;
- охорона праці персоналу, що обслуговує цех з розробленими очисними спорудами.

					Пояснювальна записка	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1. Характеристика вихідної води та вимоги до пом'якшеної води

Характеристика вихідної води та вимоги до пом'якшеної води наведені в табл.1.1.1.

Таблиця 1.1.1 – Характеристика стічної води, вимоги до очищеної води

№	Назва показника	Характеристика стічної води	Вимоги до очищеної води
1	Жорсткість	4.0-5.2 мг-екв/дм ³	< 0.02 мг-екв/дм ³
2	Концентрація кальцію	3.2-4.0 мг-екв/дм ³	< 0.01 мг-екв/дм ³
3	Концентрація магнію	0.8-1.2 мг-екв/дм ³	< 0.01 мг-екв/дм ³
4	pH	6.7 - 7.6	8 - 10

1.2. Розробка та обґрунтування технологічної схеми пом'якшення води

При розробці технологічної схеми та її елементів беруть до уваги якості води, що очищається; вимоги до якості очищеної води; продуктивність станції водопідготовки; оптимальність техніко-економічних показників.

У даному дипломному проекті необхідно розробити технологічну схему для ефективного пом'якшення водопровідної води до показника залишкової жорсткості – 0.02 мг-екв/дм³ з подальшою метою використання даної води в технічних цілях на промисловому підприємстві.

Під пом'якшенням води мається на увазі процес видалення з неї катіонів жорсткості, тобто кальцію і магнію[1]. На даний момент існує декілька поширених методів пом'якшення води, а саме:

- термічний, що заснованим на нагріванні води, її дистиляції чи виморожування;
- реагентний, при яких іони Ca (II) і Mg (II), що знаходяться у воді, пов'язують різними реагентами в практично нерозчинні сполуки;

					Пояснювальна записка	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- іонний обмін, заснованого на фільтруванні води через спеціальні матеріали, що обмінюють іони Na (I) або H (I), що входять до їх складу, на іони Ca (II) та Mg (II), що містяться у воді

- діаліз, що базується на очищенні води за допомогою напівпроникної мембрани.

Для того щоб обрати оптимальний метод пом'якшення води для початку наведемо коротку характеристику і умови застосування кожного з найпоширеніших методів в загальній табл. 1.2.1.

Таблиця 1.2.1 - Коротка характеристика та умови ефективного застосування кожного з найпоширеніших методів пом'якшення води

	Метод пом'якшення води			
	Термічний	Реагентний	Іонообмінний	Діаліз
	1	2	3	4
Характеристика процесу	Воду нагрівають до температури вище 100 °С, при цьому видаляється карбонатна і некарбонатна жорсткості (у вигляді карбонату кальцію, гідроксиду магнію і гіпсу)	У воду додають вапно, яке усуває карбонатну і магнієву жорсткість, а також соду, яка усуває некарбонатну жорсткість	Вода пропускається через катіонні фільтри	Вода фільтрується через напівпроникну мембрану

Продовження табл 1.2.1.

	1	2	3	4
Призначення методу	Усунення карбонатної жорсткості з води, яку використовують для живлення котлів низького та середнього тиску	Неглибоке пом'якшення при одночасному освітленні води від зважених речовин	Глибоке пом'якшення води, що містить незначну кількість зважених речовин	Глибоке пом'якшення води
Каламутність вихідної води, мг/дм ³	До 50	До 500	До 8	До 2
Жорсткість води, мг-екв/дм ³	Карбонатна жорсткість з переважанням Са(НСО ₃) ₂ , некарбонатна жорсткість у вигляді гіпсу (СаSO ₄ ·2Н ₂ О)	До 5.3	До 15	До 10
Залишкова жорсткість води, мг-екв/дм ³	Карбонатна жорсткість - до 0,035; СаSO ₄ - до 0,70	До 0,70	0,03 - 0,05 при одноступеневому і до 0,01 при двоступеневому катіонуванні	0,01 и ниже
Температура води, °С	До 270	До 90	До 30(глауконіт), до 60 (сульфовугілля)	До 60

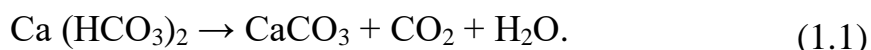
					Пояснювальна записка	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Також, для більш детального ознайомлення розглянемо кожен з методів окремо.

1.2.1. Термічний метод пом'якшення води

Термохімічний метод пом'якшення застосовують виключно при підготовці води для парових котлів, так як в цьому випадку найбільш раціонально використовується теплота, витрачена на підігрів води, а також в поєднанні з реагентними методами пом'якшення води.

Метод заснований на зсуві вуглекислотного рівноваги при її нагріванні в бік утворення карбонату кальцію, що описується реакцією:



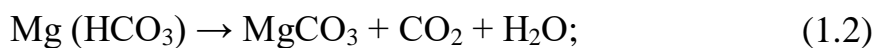
Рівновага зміщується за рахунок зниження розчинності оксиду вуглецю (IV), що викликається підвищенням температури і тиску. За допомогою кип'ятіння можна повністю видалити оксид вуглецю (IV) і тим самим значно знизити карбонатну кальцієву жорсткість. Однак, повністю усунути зазначену жорсткість не вдається, оскільки карбонат кальцію хоча і не значно (13 мг/дм^3 при температурі 18°C), але все ж розчинний у воді.

Цим методом пом'якшення води проводять при температурі води вище 100°C . Інтенсивнішому пом'якшенню води при її підігріві сприяє утворення важких і великих пластівців осаду, якнайшвидше їх осадження внаслідок зниження в'язкості води при нагріванні, також скорочується витрата вапна, так як вільний оксид вуглецю (IV) видаляється при підігріві до введення реагентів. Термохімічний метод застосовують з додаванням коагулянту і без нього, оскільки вже наявна велика щільність осаду при осадженні. Крім коагулянту використовують вапно та соду з добавкою фосфатів і рідше гідроксид натрію та соду. Застосування гідроксиду натрію замість вапна дещо спрощує технологію приготування і дозування реагенту, проте економічно така заміна не виправдана у зв'язку з його високою вартістю.

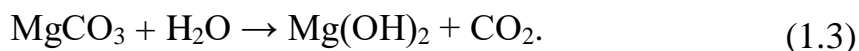
При наявності у воді гідрокарбонату магнію процес його осадження відбувається наступним чином:

					Пояснювальна записка	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- спочатку утворюється порівняно добре розчинний (110 мг/дм^3 при температурі 18°C) карбонат магнію:



- далі утворений карбонат магнію при тривалому кип'ятінні гідролізується, в результаті чого випадає осад малорозчинного ($8,4 \text{ мг/дм}^3$). гідроксиду магнію:

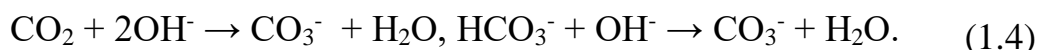


Отже, при кип'ятінні води знижується жорсткість, що обумовлюється гідрокарбонатами кальцію і магнію, та жорсткість, обумовлена сульфатом кальцію, розчинність якого падає до $0,65 \text{ г/дм}^3$.

1.2.2. Реагентний метод пом'якшення води

Пом'якшення води реагентними методами засноване на обробці її реагентами, що утворюють з кальцієм і магнієм малорозчинні сполуки: $\text{Mg}(\text{OH})_2$, CaCO_3 , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ та інші з наступним їх відділенням в освітлювачах, тонкошарових відстійниках та освітлюючих фільтрах. В якості реагентів використовують вапно, кальциновану соду, гідроксиди натрію і барію та інші речовини.

Пом'якшення води вапнуванням застосовують при її високою карбонатною і низькою некарбонатної жорсткості, а також в разі, коли не потрібно видаляти з води солі некарбонатних жорсткості. В якості реагенту використовують вапно, яку вводять у вигляді розчину або суспензії (молока) в попередньо підігріту воду, що обробляється. Розчиняючись, вапно збагачує воду іонами OH^- і Ca^{2+} , що призводить до зв'язування розчиненого у воді вільного оксиду вуглецю (IV) з утворенням карбонатних іонів і переходу гідрокарбонатних іонів в карбонатні:

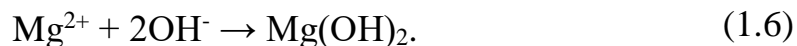


Підвищення в оброблюваній воді концентрації іонів CO_3^{2-} - і присутність в ній іонів Ca^{2+} з урахуванням введених з вапном призводить до підвищення твора розчинності і осадження малорозчинного карбонату кальцію:



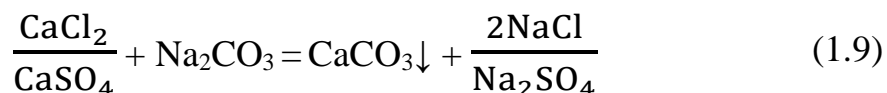
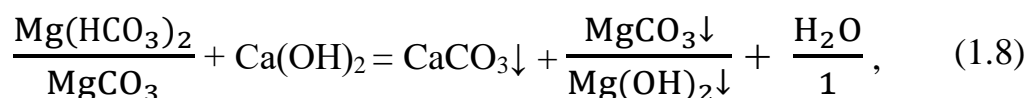
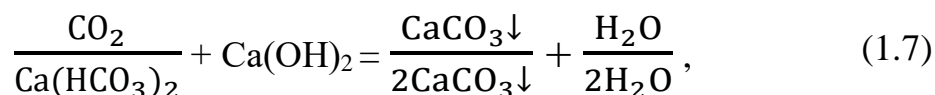
					Пояснювальна записка	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При надлишку вапна в осад випадає і гідроксид магнію:



Для прискорення видалення дисперсних і колоїдних домішок і зниження лужності води одночасно з вапнуванням застосовують коагуляцію цих домішок сульфатом заліза (II) тобто $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Залишкова жорсткість пом'якшеної води при декарбонізації може бути отримана на 0,4-0,8 мг-екв/дм³ більше некарбонатних жорсткості, а лужність - 0,8-1,2 мг-екв/дм³. Доза вапна визначається співвідношенням концентрації в воді іонів кальцію і карбонатної жорсткості.

Вапняно-содовий метод пом'якшення води описується наступними основними реакціями:



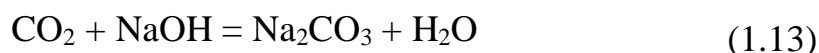
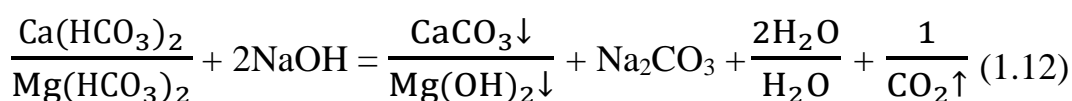
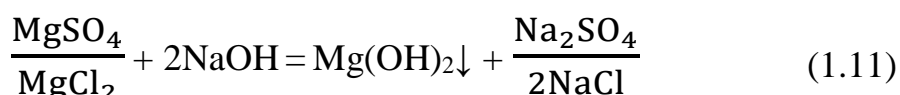
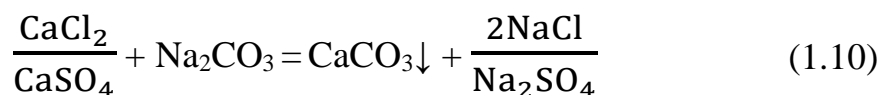
При вапняно-содовому методі пом'якшення води утворюються карбонат кальцію і гідроксид магнію можуть пересичувати розчини і довго залишатися в колоїдно-дисперсному стані. Їх перехід в грубодисперсний шлам тривалий, особливо при низьких температурах і наявності у воді органічних домішок, які діють як захисні колоїди. При великій їх кількості жорсткість води при реагентному пом'якшенні води може знижуватися на 15-20%. У подібних випадках перед пом'якшення або в процесі його з води видаляють органічні домішки окислювачами і коагулянтами.

При вапняно-содовому методі і наявності у воді органічних домішок часто процес проводять в дві стадії. Спочатку з води видаляють органічні домішки і значну частину карбонатної жорсткості, використовуючи солі алюмінію або заліза з вапном, проводячи процес при оптимальних умовах коагуляції. Після цього вводять соду та решту вапна і допом'якшують воду.

					Пояснювальна записка	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При видаленні органічних домішок одночасно з пом'якшення води в якості коагулянтів застосовують тільки солі заліза, оскільки при високому значенні рН води, необхідному для видалення магнієвої жорсткості, солі алюмінію не утворюють сорбційно-активного гідроксиду.

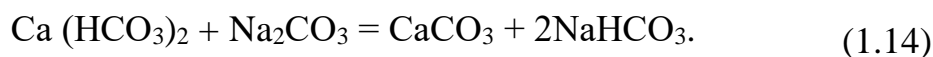
При содово-натрієвому методі пом'якшення води її обробляють содою і гідроксидом натрію:



З огляду на те, що сода утворюється при реакції гідроксиду натрію з гідрокарбонатом, необхідна для добавки в воду доза її значно зменшується. При високій концентрації гідрокарбонатів у воді і низькою некарбонатною жорсткістю, надлишок соди може залишатися в пом'якшеній воді. Тому цей метод застосовують лише з урахуванням співвідношення між карбонатною і некарбонатних жорсткістю.

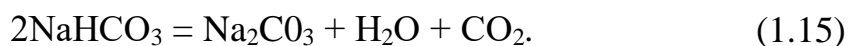
Содово-натрієвий метод зазвичай застосовують для пом'якшення води, карбонатна жорсткість якої трохи більше некарбонатних. Якщо карбонатна жорсткість приблизно дорівнює некарбонатній, соду можна зовсім не додавати, оскільки необхідне її кількість для пом'якшення такої води утворюється в результаті взаємодії гідрокарбонатів з їдким натром. Доза кальцинованої соди збільшується в міру підвищення некарбонатної жорсткості води.

Содорегенераційний метод, заснований на відновленні соди в процесі пом'якшення, застосовують для підготовки води, що використовується для живлення парових котлів низького тиску:



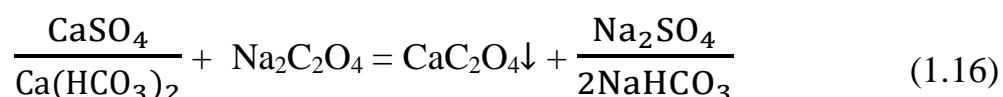
					Пояснювальна записка	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Гідрокарбонат натрію, потрапляючи в котел з пом'якшеною водою, розкладається під впливом високої температури:



Сода, що утворюється при цьому, разом з надлишковою, введеної спочатку в водопом'якшувач, тут же в котлі гідролізу з утворенням гідроксиду натрію та оксиду вуглецю (IV), який з продувочною водою надходить в водопом'якшувач, де використовується для видалення з води гідрокарбонатів кальцію і магнію. Недолік цього методу полягає в тому, що утворення значної кількості CO_2 в процесі пом'якшення викликає корозію металу і підвищення сухого залишку в котельній воді.

Оксалатний метод пом'якшення води заснований на застосуванні оксалату натрію і на малій розчинності оксалату кальцію у воді ($6,8 \text{ мг/дм}^3$ при 18°C).



Метод відрізняється простотою технологічного і апаратурного оформлення, однак, через високу вартість реагенту його застосовують для пом'якшення невеликих кількостей води.

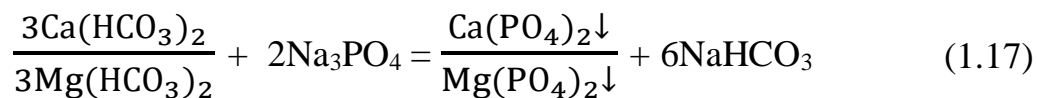
Фосфатування застосовують для допом'якшення води. Після використання реагентного пом'якшення вапняно-содовим методом неминуча наявність залишкової жорсткості ($\approx 2 \text{ мг-екв/дм}^3$), яку фосфатним допом'якшенням можна знизити до $0,02-0,03 \text{ мг-екв/дм}^3$. Таке глибоке доочищення дозволяє в деяких випадках не вдаватися до катіонного допом'якшення.

Фосфатуванням досягається також велика стабільність води, зниження її корозійної дії на металеві трубопроводи і попереджаються відкладення карбонатів на внутрішній поверхні стінок труб.

Як фосфатних реагентів використовують гексаметафосфат, триполіфосфат (ортофосфат) натрію та інші.

					Пояснювальна записка	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Фосфатний метод пом'якшення води при використанні три - натрійфосфату є найбільш ефективним реагентним методом. Хімізм процесу пом'якшення води тринатрійфосфатом описується реакціями:



Як видно з наведених реакцій, сутність методу полягає в утворенні кальцієвих і магнієвих солей фосфорної кислоти, які мають малу розчинність в воді і тому досить повно випадають в осад.

Фосфатне пом'якшення зазвичай здійснюють при підігріві води до 105-150 °С, досягаючи її пом'якшення до 0,02 - 0,03 мг-екв/дм³. Через високу вартість тринатрійфосфату фосфатний метод зазвичай використовується для допом'якшення води, попередньо пом'якшеної вапном і содою.

1.2.3. Іонообмінний метод пом'якшення води

Пом'якшення води за методом іонного обміну ґрунтується на властивості катіонітів обмінювати катіони, якими попередньо «заряджені» його активні групи, на катіони кальцію і магнію, що містяться в воді. Залежно від того, яким обмінним іоном «заряджений» катіоніт (натрієм чи воднем) - розрізняють процеси Na⁺ та H⁺ катіонування.

Процес обміну іонів між катіонітами і розчином, що містить солі жорсткості, залежить від багатьох чинників. Головними з них є властивості катіонітів, склад вихідної води та умови самого процесу. Всі ці фактори тісно пов'язані між собою і перш за все визначають швидкість проходження іонообмінних реакцій. Реакція обміну між катіонітом і іонами вихідної води, що є розчином солей, обумовлюється дифузією іонів з розчину всередину катіоніту і з катіоніту у вихідну воду. Процес ґрунтується на законах дифузії і дії мас[2].

При пом'якшенні води, що містить іони кальцію і магнію, Na-катіонуванням кальцій і магній будуть дифундувати в катіоніт; при цьому в свою чергу натрій з катіоніту дифундує в воду. В результаті обмінної реакції кальцій і магній займуть місце витісненого натрію, а натрій займе місце магнію

					Пояснювальна записка	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

і кальцію в пом'якшеній воді. Обмін іонів між катіонітом і розчином (водою) відбувається еквівалентно: з катіоніту іони Na^+ витісняються в кількості, еквівалентній кількості іонів Ca^{2+} і Mg^{2+} , що поглинаються з розчину. Обмін іонів є не тільки еквівалентним, але і оборотним процесом. Оборотноість обміну іонів полягає в тому, що швидкість обміну іона, витісненого з катіоніту, та іона, поглиненого з розчину, за умови рівноваги практично однакові. Еквівалентність і оборотноість обміну іонів порушуються в тому випадку, якщо поряд з обміном іонів у воді протікають інші реакції, наприклад окислювально-відновні, фізична сорбція молекул та ін.

При веденні процесу Na-катіонування (як і інших процесів) для практичних цілей головним завданням є максимальне використання іонообмінної здатності (ємності) катіоніту, бо від неї і ступеня іонізації активних груп катіоніту залежить ефективність застосування іонообмінного процесу[3]. Великий вплив на обмінну здатність катіоніту надає природа катіонів, що поглинаються. Будь-який катіон може поглинатися катіонітом повністю, проте величина робочої ємності поглинання при цьому буде залежати від того, який саме катіон поглинається. Інтенсивність поглинання підпорядковується певної закономірності:

$$\text{Na}^+ < \text{NH}_4^+ < \text{K}^+ < \text{Mg}^{2+} < \text{Ca}^{2+}. \quad (1.18)$$

Тут кожний наступний катіон поглинається катіонітом більш інтенсивно, ніж попередній.

В якості катіонітів на даний момент застосовуються тільки штучні матеріали. З числа практично використовуваних катіонітів в першу чергу слід вказати сульфовугільний поліфункціональний катіоніт, що одержують сульфуванням (обробка концентрованою сірчаною кислотою при високій температурі) природних коксівного плавкого кам'яного вугілля. За зовнішнім виглядом сульфовугілля - це чорний зернистий матеріал, що складається з гранул неправильної форми розміром від 0,25 до 1,2 мм. Обмінна здатність сульфовугілля становить від 200 до 300 мг-екв/дм³ в залежності від умов застосування. [4]Сульфовугілля застосовується для Na^+ та H^+ катіонування.

					Пояснювальна записка	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Завдяки доступності та дешевизни сульфовугілля набуло широкого поширення для водопідготовки в теплоенергетиці.

Крім сульфовугілля в даний час широко застосовують синтетичні іонообмінні смоли - іоніти, що представляють собою високомолекулярні сполуки, які складаються з молекул-гігантів з величезною молекулярною масою. Іоніт – це тверда, практично нерозчинна у воді речовина, що є механічно міцною та хімічно стійкою.

Іонообмінна здатність синтетичних іонітів, так само як і природних, обумовлюється активними групами, закріпленими на каркасі високомолекулярних сполук, розташованих в об'ємі частинки (зерна). Таким чином, будь-який іоніт - це нерозчинний негативний або позитивний полівалентний іон, оточений рухомими іонами протилежного знака[5]. Із синтетичних катіонітів найбільш широке поширення у водопідготовці отримали КБ-4-П2, КУ-1Г та КУ-2-8. Вони мають в кілька разів більшу обмінну здатність, ніж сульфовугілля.

Іонообмінні процеси, здійснювані на катіоніти, засновані на типових реакціях катіонного обміну. Подібні процеси обміну здійснюються на практиці в динамічних умовах фільтруванням зм'якшувати води через шар набряклого катіоніту, завантаженого в спеціальних фільтрах.

Фактори, що впливають на ефективність роботи технології:

- загальна мінералізація води;
- водневий показник води (рН);
- загальні органолептичні властивості води, такі як кольоровість і каламутність;
- наявність у воді сполук заліза та органіки[6].

Перевагами іонного обміну є простота процесу. Недоліком – проблема переробки висококонцентрованих розчинів, що утворюються внаслідок регенерації.

1.2.4. Пом'якшення води за допомогою діалізу

Діаліз - метод поділу розчинених речовин, що значно відрізняються молекулярними масами. Він заснований на різних швидкостях дифузії цих

					Пояснювальна записка	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

речовин через напівпроникну мембрану, що розділяє концентрований і розбавлений розчини. [8]Під дією градієнта концентрації (згідно із законом діючих мас) розчинені речовини з різними швидкостями дифундують через мембрану в бік розведеного розчину. Розчинник (вода) дифундує в зворотному напрямку, знижуючи швидкість перенесення розчинених речовин. Діаліз здійснюють в мембранних апаратах з нітро - і ацетатцелюлозними плівковими мембранами. [8]Ефективність напівпроникної мембрани для пом'якшення води визначається високими значеннями селективності і водопроникності, які вона повинна зберігати протягом тривалого часу роботи. Селективність мембрани (коефіцієнт затримування) можна виразити таким чином:

$$R = \frac{Ж_{\Pi} - Ж_{\text{К}}}{Ж_{\Pi}} \quad (1.19)$$

де $Ж_{\Pi}$ - жорсткість вихідної води; $Ж_{\text{К}}$ - жорсткість пом'якшеної води.

Існує кілька гіпотетичних моделей дії напівпроникних мембран[9].

Гіпотеза гіперфільтрації передбачає існування у напівпроникній мембрані пор, що пропускають при діалізі асоціати молекул води та гідратованих іонів солей. Основою теоретичних розробок стало положення про те, що через напівпроникну мембрану вода і розчинені в ній солі проникають за допомогою дифузії і потоків через пори.

Сорбційна модель проникності заснована на передумові, згідно з якою на поверхні мембрани та в її порах адсорбується шар зв'язаної води, яка має знижену розчинюючу здатність. Мембрани будуть напівпроникні, якщо вони, хоча б в поверхневому шарі мають пори, які не перевищують за розміром подвоєну товщину шару пов'язаної рідини.

Дифузійна модель виходить з припущення, що компоненти системи розчиняються в матеріалі мембрани і дифундують через неї. Селективність мембрани пояснюється різницею в коефіцієнтах дифузії і розчинності компонентів системи в її матеріалі.

Електростатична теорія полягає в тому, що при русі вихідної води в камері з одного боку селективної (катіонітової) мембрани, а розсолу з іншої,

					Пояснювальна записка	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

іони натрію мігрують в мембрану і далі у вихідну воду, а іони кальцію в протилежному напрямку, тобто з жорсткої води в розсіл. Таким чином, відбувається видалення іонів кальцію з вихідної води і заміна їх іонами натрію, що не утворюють осад. Одночасно в камерах відбуваються побічні процеси, супутні основному процесу діалізу: осмотичні переноси води, перенесення однойменних іонів, дифузія електроліту. Ці процеси залежать від якості мембрани.

Отже, в нашому випадку технічно недоцільно використовувати термічний та реагентний методи, оскільки ми не досягнемо достатнього (глибокого) пом'якшення. А діаліз економічно недоцільно - через високу вартість, низьку продуктивність та великі об'єми розчинника, в який переходять домішки із розчину.

Як висновок, проаналізувавши всі наведені вище данні було обрано найбільш раціональну технологічну схему, що базується на двоступеневому натрій-катіонному пом'якшенні води, оскільки іонний обмін є досить простим процесом при якому можна отримати глибоке пом'якшення. При цьому промивні води пом'якшуємо реагентним методом та повертаємо назад в цикл, як регенераційний розчин, що є економічно вигідно, оскільки зменшується використання водопровідної води на початку регенераційного циклу та немає скиду в каналізацію. Осад, що утворився відправляємо на утилізацію.

1.3. Технологічна схема пом'якшення води

Як було зазначено вище, в даному дипломному проекті було розроблено технологічну схему, що базується на двоступеневому натрій-катіонному пом'якшенні води (рис. 1.3.1.).

Спочатку вода поступає у приймальну камеру, де відбувається погашення надлишкового тиску, вирівнювання витрати води і концентрації забруднень. В якості вихідної води використовується вода з міського водопроводу.

З приймальної камери основний потік води поступає на двоступеневе натрій-катіонне пом'якшення води, що відбувається за допомогою катіоніту КУ-2-8.

					Пояснювальна записка	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

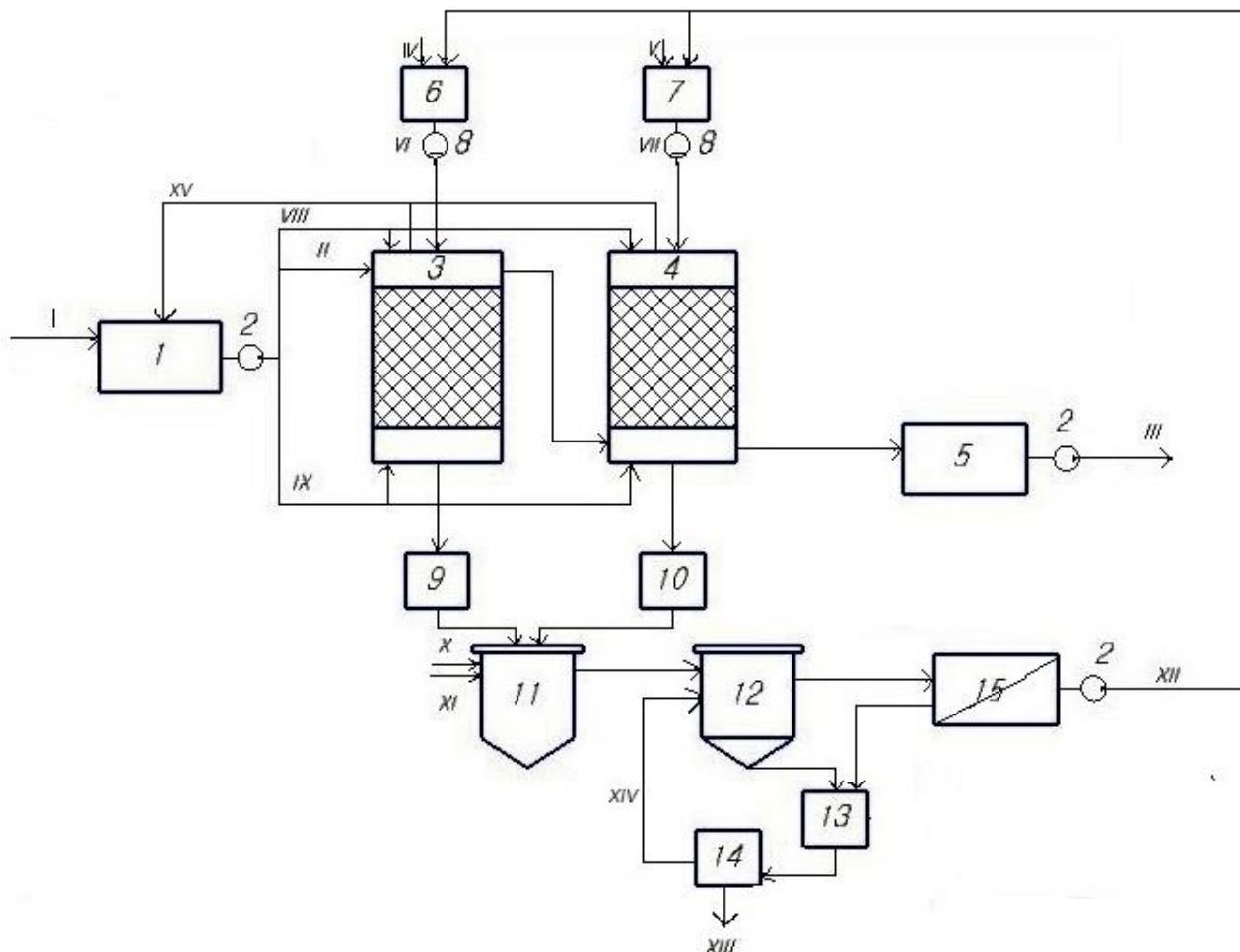


Рисунок 1.3.1 – Технологічна схема двоступеневого натрій-катіонного пом'якшення води:

1 - приймальна камера; 2 - насос; 3 - катіоніт I ступеню; 4 - катіоніт II ступеню; 5 - резервуар пом'якшеної води; 6 - витратний бак 7% NaCl; 7 - витратний бак 10% NaCl; 8 - насос-дозатор; 9,10 - баки-накопичувачі; 11 - бак-усереднювач; 12 - вертикальний відстійник; 13 - шламосховище; 14 - стрічковий фільтр-прес; 15 - вакуумний стрічковий фільтр; I - подача води на пом'якшення; II - подача води на двоступеневе катіонування; III - подача пом'якшеної води на виробничі потреби; IV, V - подача NaCl у витратні баки; VI, VII - подача води на регенерацію катіонітів; VIII - подача води на промивку катіонітів; IX - подача води на спущення катіонітів; X - подача NaOH; XI - подача соди; XII - повернення води до баків регенераційних розчинів; XIII - подача осаду на утилізацію; XIV - повернення води до вертикального відстійнику; XV – повернення води до приймальної камери

Після двоступеневого натрій-катіонування вода поступає в резервуар пом'якшеної води. Після чого основний потік води йде на потреби промислового підприємства.

Під час відключення катіонітів на регенерацію, регенераційні розчини NaCl 7% та 10% поступають на катіоніт I та II ступенів відповідно.

Після подачі регенераційних розчинів, частина води з приймальної камери йде на промивку та спущення катіоніту. Вода, використана на спущення, повертається до приймальної камери та використовується повторно.

Всі води використанні внаслідок регенерації та промивки катіонітів поступають у баки накопичувачі.

З баків накопичувачів дані стічні води подаються на реагентне пом'якшення води. Спочатку вони поступають в бак усереднювач, куди також додають їдкий натр та соду.

Після цього води поступають в водоворотну камеру пластівцеутворення, що суміщена з вертикальним відстійником. Тут потік розділяється на 2 частини: просвітлена вода доочищається у вакуумному стрічковому фільтрі та повертається до баків регенераційних розчинів на початок циклу, а утворений осад – до шламосховища.

З шламосховища вологий осад поступає до фільтр пресу, зневоднений осад йде на утилізацію. А вода повертається в цикл до відстійнику.

1.4. Розрахунок матеріального балансу

Вихідні дані для розрахунку матеріального балансу наведені в табл.1.4.1.

Таблиця 1.4.1 – Вихідні дані для розрахунку матеріального балансу

Параметр	Величина параметру
1	2
Витрата води	506 м ³ /добу
Робота установки	8 год/добу
Повна динамічна обмінна ємність катіоніту КУ-2-8 в Na ⁺ -формі	1850 г-екв/м ³

					Пояснювальна записка	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження табл. 1.4.1.

1	2
Коефіцієнт, що враховує повноту видалення іонів	0.5
Характеристика води:	
Каламутність	до 0.5 мг/дм ³
Кольоровість	до 20 град.
Жорсткість	4.0-5.2 мг-екв/дм ³
Концентрація кальцію	3.2-4.0 мг-екв/дм ³
Концентрація магнію	0.8-1.2 мг-екв/дм ³
Концентрація сульфатів	27-59 мг/дм ³
Концентрація хлоридів	15-45 мг/дм ³
pH	6.7-7.6
$C(SiO_3)^{2-}$	15 мг/дм ³
Лужність	3.7-4.9 мг-екв/дм ³
Коефіцієнт, що враховує повноту видалення іонів	0.5
Висота шару іонітів	2.5
Концентрація сухого NaCl	99.75%
Концентрація NaCl для регенерації:	
для першої ступені	7%
для другої ступені	10%
Густина NaCl для регенерації:	
7%	1.0816 г/см ³
10%	1.1165 г/см ³
Коефіцієнт, що враховує повноту регенерації іоніту	0.75
Число регенерацій	1

Продовження табл. 1.4.1.

1	2
Питома витрата реагенту на регенерацію іоніту	3 г-екв/ г-екв
Молярна маса NaCl	58.44 г/моль
Питома витрата води на промивку іоніта	5 м ³ /м ³
Коефіцієнт, який враховує повноту видалення іонів із промивної води	0.5
Інтенсивність подачі води на спущення	4 дм ³ /с · м ²
Час спущення іоніту	6 хв
Концентрація завислих речовин після відстійника	8 мг/дм ³
Концентрація твердої фази в осаді після відстійника	60000 мг/дм ³
Вологість осаду після фільтр пресу	70%

Катіонування І-ступеню:

Робоча ємність іоніту (г-екв/м³) визначається за формулою:

$$E_p = \alpha \cdot E_n - K \cdot q_n \cdot C_n, \quad (1.20)$$

де α – коефіцієнт, який враховує ефективність або повноту регенерації;
 E_n – повна динамічна обмінна ємність катіоніту, г-екв/м³; K – коефіцієнт, який враховує повноту видалення іонів із промивної води; q_n – питома витрата води на промивку іоніту; C_n – концентрація іонів у промивній воді.

$$E_{p1} = 0.75 \cdot 1850 - 5 \cdot 0.5 \cdot 5.2 = 1374.5 \text{ г-екв/м}^3$$

Об'єм іоніту в фільтрах (м³) розраховується за формулою:

$$W = \frac{Q \cdot (C_{\text{поч}} - C_{\text{пр1}})}{n \cdot E_p}, \quad (1.21)$$

де Q – об'єм води, який знесолюють протягом доби, м³; $C_{\text{поч}}$ – початкова концентрація даного типу іонів у воді, г-екв/м³; $C_{\text{пр}}$ – концентрація проскоку

					Пояснювальна записка	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

даного типу іонів, г-екв/м³; n – число регенерацій фільтру протягом доби; E_p – робоча ємність іоніту, г-екв/м³.

$$W = \frac{506 \cdot (5.2 - 0.1)}{1 \cdot 1374.5} = 1.9 \text{ м}^3$$

Витрата реагенту на регенерацію фільтру в одному циклі (кг) визначаємо за формулою:

$$G_p = \frac{W}{10 \cdot m} \cdot E_p \cdot q_p \cdot N, \quad (1.22)$$

де m – концентрація реагенту, %; q_p – питома витрата реагенту на регенерацію іоніту г-екв/ г-екв; N – еквівалента маса реагенту, г-екв.

$$G_{p1} = \frac{1.9}{10 \cdot 7} \cdot 1374.5 \cdot 3 \cdot 58.44 \cdot 10^{-3} = 6.4 \text{ т}$$

Отже, об'єм хлориду натрію, що витрачається на регенерацію фільтру:

$$V_p(\text{NaCl}) = \frac{G_p}{p} \cdot n = \frac{6.4}{1.0816} \cdot 1 = 6,5 \text{ м}^3/\text{добу}. \quad (1.23)$$

Площу катіонітових фільтрів (м²) визначають як:

$$F = \frac{W}{H_k} \quad (1.24)$$

де H_k – висота шару катіоніту, м.

$$F = \frac{1.9}{2.5} = 0.7 \text{ м}^2$$

Тривалість фільтроциклу (год) можна розрахувати по формулі:

$$T_0 = \frac{24 \cdot E_p \cdot W}{Q \cdot (C_{\text{поч}} - C_{\text{пр}}) \cdot n}, \quad (1.25)$$

$$T_0 = \frac{24 \cdot 1374.5 \cdot 1.9}{500 \cdot (5.2 - 0.1) \cdot 1} = 24 \text{ год}$$

Швидкість фільтрування (м/год) розраховується за формулою:

$$V = \frac{Q}{T_0 \cdot n \cdot F}, \quad (1.26)$$

T₀ - тривалість фільтрування, год; n - число регенерацій.

$$V = \frac{500}{24 \cdot 2 \cdot 0.7} = 28.1 \text{ м/год}$$

Витрату води на спущення смоли (м³) визначаємо із інтенсивності подачі води на промивку, площі фільтру та часу спущення:

					Пояснювальна записка	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$q_{\text{сп}} = \frac{60}{10^3} \cdot F \cdot I \cdot t, \quad (1.27)$$

де F – площа фільтру;

I – інтенсивність подачі води на спущення;

t – час спущення іоніту.

$$q_{\text{сп1}} = \frac{60}{10^3} \cdot 0.7 \cdot 4 \cdot 6 = 1.1 \text{ м}^3$$

Витрата води на промивку фільтру після регенерації дорівнює 5 об'ємам на 1 об'єм іоніту:

$$q_{\text{пр}} = 5 \cdot W = 5 \cdot 1.9 = 9.2 \text{ м}^3 \quad (1.28)$$

Катіонування II-ступеню:

Робоча ємність іоніту (г-екв/м³) визначається за формулою:

$$E_p = \alpha \cdot E_{\text{п}} - K \cdot q_n \cdot C_{\text{п}}, \quad (1.29)$$

де α – коефіцієнт, який враховує ефективність або повноту регенерації;

$E_{\text{п}}$ – повна динамічна обмінна ємність катіоніту, г-екв/м³; K – коефіцієнт, який

враховує повноту видалення іонів із промивної води; q_n – питома витрата води

на промивку іоніту; $C_{\text{п}}$ – концентрація іонів у промивній воді.

$$E_{p2} = 0.75 \cdot 1850 - 5 \cdot 0.5 \cdot 0.1 = 1387.2 \text{ г-екв/м}^3$$

Визначаємо число необхідних регенерацій:

$$n_2 = \frac{Q \cdot (C_{\text{поч1}} - C_{\text{пр2}})}{W \cdot E_p} \quad (1.30)$$

$$n_2 = \frac{500 \cdot (0.1 - 0.02)}{1.9 \cdot 1387.2} = 0.016$$

Кількість днів між регенераціями:

$$\frac{1}{n_1} = \frac{1}{0.016} = 64$$

Витрата реагенту на регенерацію фільтру за добу визначаємо за формулою:

$$G_{p2} = G_{p1} \cdot n = 6.4 \cdot 0.016 = 0.1 \text{ м}^3/\text{добу} \quad (1.31)$$

Витрата в одному циклі – 6.4 м³

Отже, об'єм хлориду натрію, що витрачається на регенерацію фільтру:

$$V_{p1}(\text{NaCl}) = V_{p2}(\text{NaCl}) \cdot n = 6.5 \cdot 0.016 = 0.1 \text{ м}^3/\text{добу} \quad (1.32)$$

Витрату води на спущення смоли визначаємо як:

					Пояснювальна записка	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$q_{\text{сп}} = q_{\text{сп1}} \cdot n = 1.1 \cdot 0.016 = 0.01 \text{ м}^3 \quad (1.33)$$

Витрата води на промивку фільтру після регенерації:

$$q_{\text{пр2}} = q_{\text{пр1}} \cdot n = 9.3 \cdot 0.016 = 0.1 \text{ м}^3 \quad (1.34)$$

Об'єм води на виході в бак-усереднювач:

$$V = 6.5 + 0.1 + 9.2 + 0.1 = 15.9 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Кількість магнію в регенераційних та промивних водах:

$$\begin{aligned} m(\text{Mg}^{2+}) &= Q \cdot C(\text{Mg}^{2+}) = 509300 \cdot 1.2 = \\ &= 611160 \text{ мг/добу} = 611.16 \text{ г/добу} \end{aligned} \quad (1.35)$$

$$n(\text{Mg}^{2+}) = m(\text{Mg}^{2+}) / M(\text{Mg}^{2+}) = (611.16/24) = 25.5 \text{ моль/добу} \quad (1.36)$$

де $M(\text{Mg}^{2+})$ – молярна маса Mg^{2+} , г/моль.

Кількість NaOH, що необхідно подати в бак-усереднювач:

$$\begin{aligned} m(\text{NaOH}) &= 2 \cdot n(\text{Mg}^{2+}) \cdot M(\text{NaOH}) = 2 \cdot 25.5 \cdot 40 = \\ &= 2040 \text{ г/добу} = 0.002 \text{ т/добу} \end{aligned} \quad (1.37)$$

де $M(\text{NaOH})$ – молярна маса NaOH, г/моль

Маса осаду гідроксиду магнію, що утвориться:

$$\begin{aligned} m(\text{Mg}(\text{OH})_2\downarrow) &= n(\text{Mg}^{2+}) \cdot M(\text{Mg}(\text{OH})_2) = 25.5 \cdot 58 = \\ &= 1479 \text{ г/добу} = 0.002 \text{ т/добу} \end{aligned} \quad (1.38)$$

Кількість кальцію в регенераційних та промивних водах:

$$\begin{aligned} m(\text{Ca}^{2+}) &= Q \cdot C(\text{Ca}^{2+}) = 509300 \cdot 4 = \\ &= 2037200 \text{ мг/добу} = 2037.2 \text{ г/добу} \end{aligned} \quad (1.39)$$

$$n(\text{Ca}^{2+}) = m(\text{Ca}^{2+}) / M(\text{Ca}^{2+}) = (2037.2 / 40) = 50.9 \text{ моль/добу} \quad (1.40)$$

де $M(\text{Ca}^{2+})$ – молярна маса Ca^{2+} , г/моль.

Кількість соди, що необхідно подати в бак-усереднювач:

$$\begin{aligned} m(\text{Na}_2\text{CO}_3) &= n(\text{Ca}^{2+}) \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \\ &= 50.9 \cdot 106 = 5395 \text{ г/добу} = 0.005 \text{ т/добу} \end{aligned} \quad (1.41)$$

де $M(\text{Na}_2\text{CO}_3)$ – молярна маса Na_2CO_3 , г/моль.

Кількість карбонату кальцію, що утвориться:

$$\begin{aligned} m(\text{CaCO}_3\downarrow) &= n(\text{Ca}^{2+}) \cdot M(\text{CaCO}_3) = \\ &= 50.9 \cdot 100 = 5090 \text{ г/добу} = 0.005 \text{ т/добу} \end{aligned} \quad (1.42)$$

Об'єм води на вході у відстійник:

					Пояснювальна записка	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V = 6.5 + 0.1 + 9.2 + 0.1 = 15.9 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Розрахунок об'єму шламу за сухою речовиною на виході з відстійника:

$$\begin{aligned} M_{\text{ш}} &= M \cdot 10^3 - (m \cdot 10^{-9} \cdot V) = \\ &= (0.002 + 0.005) - (8 \cdot 10^{-9} \cdot 15.9) = 0.007 \text{ т/добу} \end{aligned} \quad (1.43)$$

де m – концентрація завислих речовин на виході з відстійника; $m = 8 \text{ мг/дм}^3$;

M – маса осаду на вході у відстійник, т/добу.

Розрахунок об'єму шламу на виході з відстійника:

$$\begin{aligned} W_{\text{ш}} &= M_{\text{ш}} + \delta \cdot 10^{-9} = \\ &= 0.007 + 60000 \cdot 10^{-9} = 0.007 \text{ м}^3/\text{добу} \end{aligned} \quad (1.44)$$

де δ – концентрація твердої фази в осаді; $\delta = 60000 \text{ мг/дм}^3$;

Об'єм води на виході з відстійника:

$$V = 15.9 - 0.007 = 15.9 \text{ м}^3/\text{добу} \quad (1.45)$$

Розрахунок води, що відділяється від осаду після його зневоднення до 70%:

$$\begin{aligned} M_{\text{в}} - 30\% - X \text{ м}^3/\text{добу} \\ W_{\text{ш}} - 100\% - 0,007 \text{ м}^3/\text{добу} \\ M_{\text{води}} = X = \frac{0,007 \cdot 30}{100} = 0,002 \text{ м}^3/\text{добу} \end{aligned}$$

Розрахунок маси осаду після зневоднення:

$$M_{\text{осаду}} = M_{\text{ш}} \cdot 70\% = 0,007 \cdot 0.7 = 0,005 \text{ т/добу} \quad (1.46)$$

Для того щоб підбити підсумки проведених розрахунків, додатково створимо таблицю матеріального балансу (табл. 1.4.2.) та блок-схему матеріального балансу (рис. 1.4.1.).

Таблиця 1.4.2 – Таблиця матеріального балансу

Назва потоку	Значення потоку	
	м ³ /добу	т/добу
1	2	3
Подача води на регенерація катіоніту I ступеню	6.5	
Подача води на регенерація катіоніту II ступеню	0.1	

Продовження табл. 1.4.2

1	2	3
Подача води на промивку катіоніту I ступеню	9.2	
Подача води на промивку катіоніту II ступеню	0.1	
Подача води для спущення катіоніту I ступеню	1.1	
Подача води для спущення катіоніту II ступеню	0.01	
Повернення води до приймальної камери	1.11	
Вихід пом'якшеної води після катіоніту II ступеню	500	
Подача води після катіоніту I ступеню в бак усереднювач	15.7	
Подача води після катіоніту II ступеню в бак усереднювач	0.2	
Подача NaOH		0.002
Подача Na ₂ CO ₃		0.005
Подача води у відстійник	15.9	
Подача води на вакуумний стрічковий фільтр	15.9	
Подача шламу в стрічковий фільтр-прес	0.007	

Продовження табл. 1.4.2

1	2	3
Подача води для спущення катіоніту I ступеню	1.1	
Подача води для спущення катіоніту II ступеню	0.01	
Повернення води до приймальної камери	1.11	
Вихід пом'якшеної води після катіоніту II ступеню	500	
Подача води після катіоніту I ступеню в бак усереднювач	15.7	
Подача води після катіоніту II ступеню в бак усереднювач	0.2	
Подача NaOH		0.002
Подача Na ₂ CO ₃		0.005
Подача води у відстійник	15.9	
Подача води на вакуумний стрічковий фільтр	15.9	
Подача шламу в стрічковий фільтр-прес	0.007	
Подача води з стрічкового фільтр-пресу	0,002	
Повернення води до баків регенераційних розчинів	15.9	
Подача води з міського водопроводу до приймальної камери	509.3	

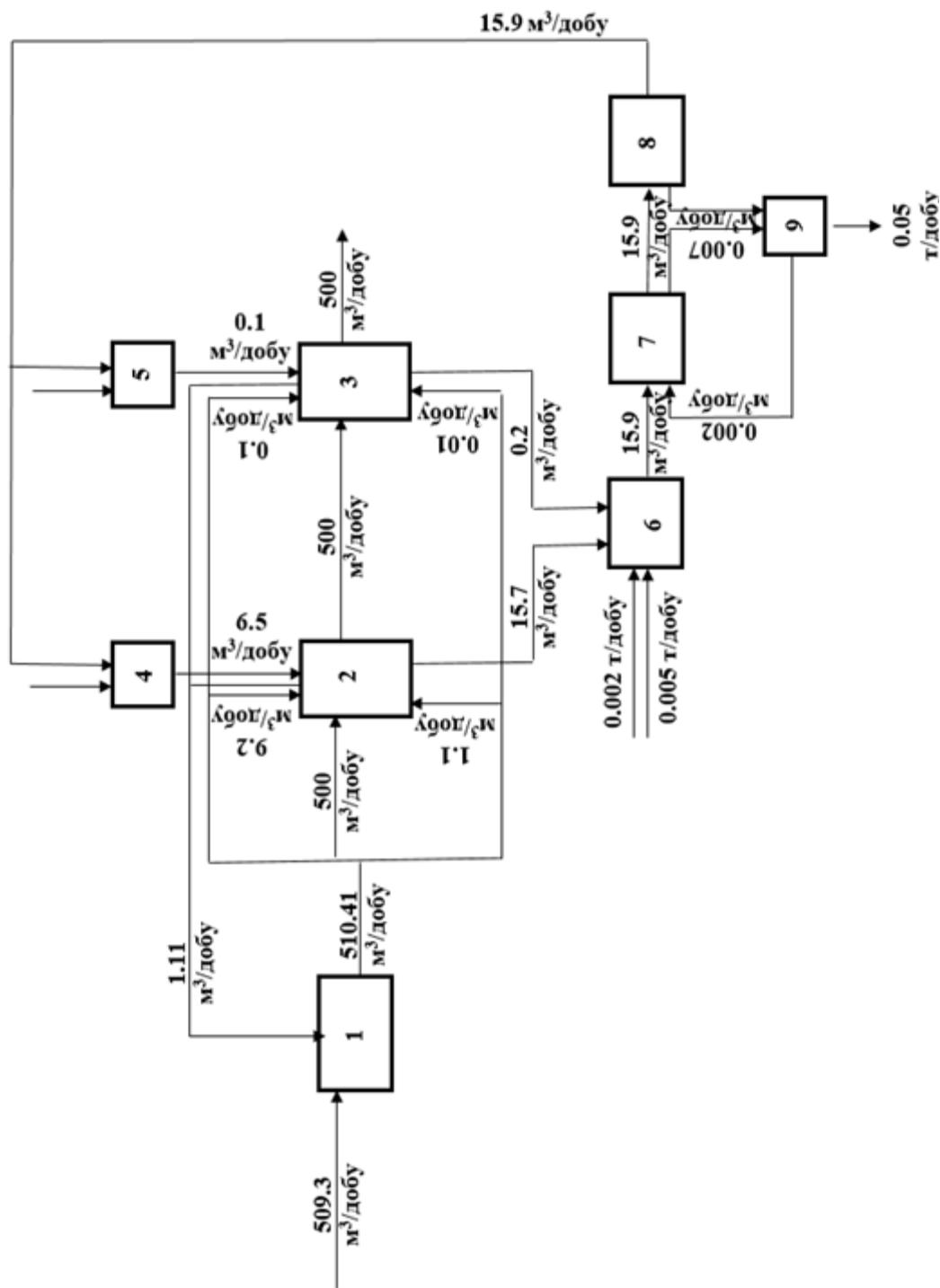


Рисунок 1.4.1. – Блок-схема матеріального балансу:

1 – приймальна камера; 2 – катіоніт I ступеню; 3 – катіоніт II ступеню; 4 – бак 7% NaCl; 5 – бак 10% NaCl; 6 – бак-усереднювач; 7 – вертикальний відстійник; 8 – вакуумний стрічковий фільтр; 9 – стрічковий фільтр-прес

1.5 Теоретичні дані про хімічні, біологічні, фізичні процеси, що реалізуються в даній технологічній схемі

В основі даної технологічної схеми двоступеневого натрій-катіонного пом'якшення води лежать процеси іонного обміну, відстоювання та гідролізу.

1.5.1. Іонний обмін

Процес іонного обміну – це процес, при якому відбувається обмін протиіонів матеріалу на іони, які знаходяться у воді. Як правило, протиіонами, які знаходяться в іоніті і які можуть переходити в розчин є катіони H^+ , K^+ , Na^+ та аніони Cl^- , SO_4^{2-} , OH^- , NO_3^- . Із розчину можуть сорбуватися на катіоніті Ca^{2+} , Mg^{2+} , катіони важких та кольорових металів, аміни та амонійні органічні сполуки та інші органічні сполуки, що можуть утворювати катіони. На аніоніті – сульфати, нітрати, нітрити, хромати, молібдати та інші аніонні сполуки важких металів, силікати, борати, сульфіді, феноляти та інші органічні та неорганічні сполуки.

Іонообмінний матеріал – це водонерозчинний природній або синтетичний матеріал, на поверхні якого зафіксовані аніонні, катіонні або і ті й ті групи.

Фіксовані іони – потенціалвизначаючі іони. Вони міцно зв'язані з каркасом матриці іонообмінного матеріалу і не здатні до переходу із твердої фази в розчин.

Іони, які компенсують заряд фіксованих іонів і знаходяться поряд з ними і здатні до обміну називаються протиіонами. Вони визначають форму іоніту і здатні переходити у зовнішній розчин в обмін на точно еквівалентну кількість інших іонів того ж знаку, що надходять в іоніт із зовнішнього розчину (обмінних іонів розчину).

Еквівалентність обміну є головною ознакою іонообмінних процесів та іоніту. Це зумовлено загальною електронейтральністю іоніту. Тобто сумарний заряд усіх протиіонів має дорівнювати сумарному заряду фіксованих іонів, а загальна кількість еквівалентів фіксованих іонів має відповідати загальній кількості еквівалентів протиіонів.

					Пояснювальна записка	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

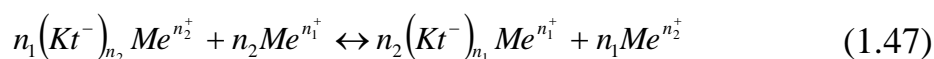
Насправді процес іонного обміну проходить значно складніше, тому що на ряду з протиіонами в іоніт можуть проходити і катіони. Тобто іони того ж знаку заряду, що і фіксовані. Частіше за все це трапляється при застосуванні концентрованих розчинів, коли відбувається так звана над еквівалентна сорбція електроліту, за рахунок проникнення в іоніт недисоційованих молекул або частково дисоційованих молекул, в склад яких входить коіони.

Проникнення коіонів в іоніт з насичених розчинів відбувається тому, що:

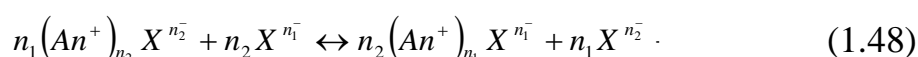
- при цьому практично нівелюється (компенсується) поверхневий заряд за рахунок високої концентрації протиіонів і стискування дифузійного шару протиіонів;
- у концентрованих розчинах завжди більша концентрація недисоційованих молекул, що сприяє проникненню коіонів в іоніт.

Надеквівалентна сорбція може відбуватися також за рахунок утворення асоціатів із протиіонів, які вилучаються із розчину.

Загалом іонний обмін можна схематично подати як реакцію подвійного обміну між нерозчинним і розчинним електролітами.



Для аніоніту:



An^+ - фіксована група катіонів аніоніту; Kt^- - фіксовані аніони катіоніту; Me^{n+} - різні катіони; X^{n-} - різні аніони.

Можна написати рівняння константи рівноваги:

$$K = \frac{[Me^{n_2^+}]^{n_1} [(Kt^-)_{n_1} \cdot Me^{n_1^+}]^{n_2}}{[(Kt^-)_{n_2} \cdot Me^{n_2^+}]^{n_1} [Me^{n_1^+}]^{n_2}} \quad (1.49)$$

Тип іоніту залежить від виду протиіонів. Якщо протиіонами є аніони, то це аніоніт з фіксованими катіонними групами; якщо протиіонами є катіони, то це катіоніт з фіксованими аніонними групами. Іоніти, в яких фіксованими групами є катіони та аніони, а відповідно протиіонами є аніони та катіони називаються поліамфолітами.

					Пояснювальна записка	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тип протиіонів визначає форму іоніту. Катіоніти можуть бути у кислій та сольовій формах. Якщо протиіонами є протони, то катіоніт знаходиться у кислій формі або H^+ -формі. Якщо протиіонами в катіоніті є іони металу, то катіоніт знаходиться в сольовій формі. При цьому можливе уточнення: Na^+ -форма.

Аніоніт може бути у основній та сольовій формах. Якщо протиіонами є гідроксильні аніони, то аніоніт в основній формі. Якщо протиіонами є аніони кислот – сольова форма. Можливе уточнення – Cl^- - форма та NO_3^- - форма.

Поліамфоліти можуть бути у кислоотно-основній формі (коли протиіонами є H^+ та OH^-), кислоотно-сольовій формі (протони та аніони кислот), основно-сольовій формі (протиіонами є гідроксо аніони та катіони металів) і в сольовій формі (катіони металів та аніони кислот).

Іонообмінний процес це завжди рівноважний процес. Перехід іоніту з однієї форми в іншу залежить від селективності протиіонів та їх концентрації.

Як правило, при видаленні іонів із розведених розчинів рушійною силою процесу іонного обміну є селективність іонів. Тобто іони з більшою селективністю витісняють протиіони з меншою селективністю, які знаходяться в іоніті займаючи їх місце. При цьому іони з меншою селективністю переходять у розчин. Коли в іоніті знаходяться протиіони з більшою селективністю, а в розчині іони з меншою селективністю, то процес іонного обміну не буде протікати. Це стосується розведених розчинів.

При використанні концентрованих розчинів електролітів протиіони з меншою селективністю можуть витіснити з іоніту протиіони з більшою селективністю, в тому випадку, коли концентрація протиіонів з меншою селективністю буде значно більшою у порівнянні з концентрацією більш селективних протиіонів. Тут рушійною силою є надлишкова концентрація або тенденція до вирівнювання концентрацій. Цю особливість іонного обміну використовують при регенерації іоніту, тобто при відновленні ємності іоніту. Відновлення ємності іоніту означає переведення його у форму здатну до сорбції певних іонів. При переведенні іоніту у H^+ - форму він може сорбувати з

					Пояснювальна записка	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розчину Na^+ , K^+ , NH_3^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} та ін. Таким чином, в процесі сорбції рушійною силою є селективність іоніту по певних іонах, а в процесі регенерації є тенденція до вирівнювання концентрації і концентраційний напор.

Селективність іонів в значній мірі залежить від їх заряду.

Як правило, краще сорбуються іони із вищим зарядом в наслідок ще більш сильного електростатичного притягання. В ряду однозарядних іонів (з однаковим зарядом), краще сорбуються іони з більшим радіусом (меншим радіусом гідратної оболонки).

Вважається, що менш гідратовані іони легше переходять з водного середовища в іншу фазу (на тверду поверхню). Більш гідратовані іони легше переходять в водний розчин.

Певні уявлення про особливості іонного обміну може дати теорія Грегора, яка основана на теорії мембранної рівноваги. Теорія мембранної рівноваги (осмотична теорія) приписує іоніту певний надлишковий тиск, який називається тиском набрякання – π , який виникає при зануренні іоніту у воду. Джерелом цього тиску є пружність полімерних ланцюгів матриці іоніту. Введення поняття надлишкового тиску у фазі іоніту або тиску набрякання дало змогу побудувати модель іонообмінної системи, автором якої є Грегор.

Згідно цієї моделі зміна об'єму іоніту при зміні складу протиіонів є джерелом вибіркості обміну.

Іншими словами, тиск набрякання протидіє сорбції сильно гідратованих іонів. Чим більша гідратація іонів тим більша протидія сили набрякання.

Головне рівняння теорії Грегора має вигляд:

$$RT \lg K = \pi(V_2 Z_1 - V_1 Z_2) + RT \lg \frac{\varphi_2}{\varphi_1} \quad (1.50)$$

де K – умовна константа іонообмінної рівноваги; π – тиск набрякання; V_1 , V_2 – об'єми гідратованих іонів відповідно із зарядами Z_1 та Z_2 ; φ_1 , φ_2 – коефіцієнт активності іонів в іоніті.

Метод розрахунку головного параметру цього рівняння (π) ґрунтується на постулаті, що активність води в іонітах аналогічної будови, але різної

					Пояснювальна записка	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сітчастості однозначно залежить від вмісту води. Єдина причина того, що вміст води в сітчастому іоніті менший ніж в іоніті з „ефективною нульовою” сітчастістю полягає у наявності додаткового тиску у першому випадку.

Таким чином, з теорії Грегора випливає наступне. Селективність іоніту по різних іонах залежить від заряду іоніту, його гідратації та характеристик іоніту. Слід відмітити, що теорія Грегора лише частково пояснює селективність іонітів до певних іонів.

Існують інші фактори, які суттєво впливають на вибірковість іоніту і не враховані в теорії Грегора. До таких факторів відносять фактор жорсткості-м'якості кислот та основ. Якщо взяти кислоти в ряду сірчана, азотна, оцтова,

то жорсткість кислот зростає в бік сірчаної кислоти. Аналогічно, в ряду основ NaOH, Ca(OH)₂ та Zn(OH)₂ жорсткість основ зростає в бік гідроксиду натрію.

Згідно з теорією жорсткості-м'якості основ та кислот найбільш термодинамічно вигідними є сполуки між жорсткими кислотами і жорсткими основами та між м'якими кислотами та м'якими основами.

Даний підхід добре пояснює той факт, що сильно кислотні іони, в яких функціональними групами є сульфонатні групи (жорсткі кислоти), добре регенеруються хлоридами або сульфатами натрію.

По тій же причині реакція слабо кислотних катіонів, в яких функціональні групи є аніонами м'яких кислот від іонів кальцію, цинку, нікель, та інших, які є катіонами м'яких основ, хлоридом або сульфатом натрію практично не відбувається.

1.5.2. Відстоювання

Відстоювання – розділення рідкої грубодисперсної системи (гідросуміші, суспензії, емульсії) на фази під дією сили тяжіння (за умов спокою або повільного руху потоку рідини).

На швидкість руху часток зависі, що осідають в нерухомій рідині під дією сил тяжіння впливають форма та розміри часток, їх густина та коефіцієнт опору рідини руху частки.

					Пояснювальна записка	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На частинку, що знаходиться в рідині, при осадження діють сили тяжіння, опору рідини та сила інерції.

Розрізняють зависі монодисперсну, що складається із часток приблизно однакової гідравлічної крупності, та полідисперсну, що складається із часток різних розмірів, гідравлічна крупність яких змінюється в широких межах.

Для монодисперсних шароподібних часток діаметром d в нерухомому водному середовищі швидкість вільного падіння (осідання) частинки ϑ описується рівнянням:

$$\vartheta = \frac{4}{3}g\left(\frac{\rho_{\text{ч}} - \rho_{\text{р}}}{K_{\text{ш}}}\right)d, \quad (1.51)$$

де g – прискорення вільного падіння; $\rho_{\text{ч}}$ – густина частинки; $\rho_{\text{р}}$ – густина рідини (води); $K_{\text{ш}}$ – коефіцієнт опору осідаючої шароподібної частинки (залежить від числа Рейнольдса (Re) та є його функцією:

$$Re = \frac{\vartheta d \rho_{\text{р}}}{\mu}, \quad (1.52)$$

де μ – коефіцієнт динамічної в'язкості рідини).

Для дуже дрібних часток, що осідають дуже повільно (при $Re < 2$), коли на опір руху частки впливають лише сили тяжіння, коефіцієнт опору дорівнює:

$$K_{\text{ш}} = \frac{24}{Re}. \quad (1.53)$$

Тоді швидкість осідання такої частки описується рівнянням Стокса:

$$\vartheta = \frac{(\rho_{\text{ч}} - \rho_{\text{р}})gd^2}{18\mu}. \quad (1.54)$$

При $2 < Re < 50$ коефіцієнт опору виражається за формулою:

$$K_{\text{ш}} = \frac{18,5}{Re^{0,6}}. \quad (1.55)$$

При збільшенні швидкості осідання, а це можливо при збільшенні розмірів часток ($Re > 50$) при обтіканні частки рідиною виникає турбулентність і в'язкість мало впливає на коефіцієнт опору. Коефіцієнт опору не залежить за даних умов від числа Рейнольдса і дорівнює 0,04 ($K_{\text{ш}}=0,04$).

					Пояснювальна записка	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рівняння швидкості осідання шароподібної частинки в даних умовах залишається як:

$$\vartheta = 33g (\rho_{\text{ч}} - \rho_{\text{р}})d \quad (1.56)$$

На швидкість висадження часток значно впливає густина часток твердої фази. Густина деяких речовин, що містяться в природній воді у вигляді зависі, а також гідроксидів, що утворюються в процесі гідролізу коагулянтів, приведені в таблиці.

Основним параметром, який описує процес відстоювання і застосовується при розрахунку відстійників, є швидкість осідання. Для визначення швидкості відстоювання тих чи інших гетерогенних систем використовують технологічні дослідження або користуються табличними значеннями із нормативних документів для природних вод (в залежності від їх каламутності в довідниках є дані по гідравлічній крупності осаду, тобто по швидкості осідання при температурі 10 °С).

Для природних та стічних вод, для яких невідомі табличні значення по гідравлічній крупності осадів, проводять технологічні дослідження. Для цього беруть суспензії, гомогенізують їх, а потім відстоюють, фіксуючи висоту шару освітленої води через певний час.

Класифікація відстійників:

1) За технологічною схемою очищення стічних вод:

- первинні;
- вторинні.

2) Залежно від режиму роботи:

- періодичного дії (контактні);
- неперервного дії (проточні).

У відстійниках періодичної дії водяні маси надходять через рівні певні проміжки часу, а сам процес відстоювання відбувається в стані спокою.

У відстійниках непервної дії відстоювання відбувається за допомогою безперервного та дуже повільного руху водяних мас.

					Пояснювальна записка	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На сьогоднішній день найчастіше використовуються саме проточні відстійники. Це пояснюється наявністю великих об'ємів води, що потребують очищення.

3) Залежно від напрямку руху водяних мас:

- горизонтальні (характеризуються горизонтальним плином або рухом води);
- вертикальні (вода рухається знизу вгору, а в радіальних - у напрямку від центру до периферійних областям).

1.5.3. Гідроліз

Гідроліз – це реакція обмінної взаємодії між речовиною й водою, один із видів сольволізу. Гідроліз солей – це різновид реакцій гідролізу, зумовлений протіканням реакцій іонного обміну в розчинах (переважно, водних) розчинних солей-електролітів. Рушійною силою процесу є взаємодія іонів з водою, що приводить до утворення слабкого електроліту в іонному або (рідше) молекулярному вигляді («зв'язування іонів»).

За здатністю розкладатися молекулами води, йони солей класифікують на:

- катіони, що походять від слабких основ, для яких характерні в основному заряди $2+$ і $3+$ (Cu^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Zn^{2+} , Al^{3+} , Sn^{2+} , Cd^{2+}). Реакції таких катіонів з водою називають гідролізом за катіоном;
- аніони, які походять від слабких кислот: NO_2^- , CO_3^{2-} , SO_3^{2-} , MnO_4^{2-} , MnO_4^- , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, CrO_4^{2-} . Реакції таких аніонів з водою називають гідролізом за аніоном.

За природою своїх йонів у структурі молекул солі поділяють на 4 типи (тобто якщо розглядати солі як продукти взаємодії кислот з основами) розрізняють чотири типи солей:

- солі, що утворені сильною кислотою і сильною основою (ніколи не гідролізується, оскільки катіони і аніони таких солей не зв'язують складові частини води (H^+ і OH^-), а отже, не порушують її іонну рівновагу. Тому концентрація йонів H^+ і OH^- залишається звичайно такою, як у чистої води, а розчин має нейтральне середовище ($\text{pH}=7$));
- солі, що утворені слабкою кислотою і сильною основою;

					Пояснювальна записка	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- солі, що утворені сильною кислотою і слабкою основою;
- солі, що утворені слабкою кислотою і слабкою основою.

Солі, що утворені сильною кислотою і сильною основою, ніколи не гідролізуються, оскільки катіони і аніони таких солей не зв'язують складові частини води (H^+ і OH^-), а отже, не порушують її іонну рівновагу. Тому концентрація йонів H^+ і OH^- залишається звичайно такою, як у чистої води, а розчин має нейтральне середовище ($pH=7$).

Розрізняють оборотний і необоротний гідроліз солей.

Реакції гідролізу солей, що утворені слабкою кислотою і сильною основою, і солей, що утворені сильною кислотою і слабкою основою, є оборотними.

Реакції гідролізу солей, що утворені слабкою кислотою і слабкою основою, є практично необоротними.

Щоб запобігти гідролізу або загальмувати його, змістивши рівновагу ліворуч, до розчину потрібно додати одну з тих речовин, які утворюються.

Щоб пришвидшити гідроліз, у розчин, де утворюється кислота, додають луг. І навпаки, додають кислоту в розчин, де утворюється луг.

Якщо розбавляти розчин, то підвищується концентрація води і, згідно із законом діючих мас, відбувається зміщення рівноваги праворуч. Це означає, що гідроліз пройде повніше.

Ступінь дисоціації води при підвищенні температури зростає, тобто підвищується концентрація йонів H^+ і OH^- , що збільшує ймовірність утворення малодисоційованих молекул кислоти чи основи. Отже, гідроліз відбувається повніше.

					Пояснювальна записка	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ ОЧИСНИХ СПОРУД

2.1 Розрахунок приймальних камер

Об'єм приймальних камер[10]:

$$V = Q \cdot t = \frac{509.3 \cdot 16}{24} \cdot 1 = 339.5 \text{ м}^3 \quad (2.1)$$

де t - час перебування води в камері $t = 60 \text{ хв} = 1 \text{ год}$; Q – витрата води, $\text{м}^3/\text{год}$.

Приймаємо кількість приймальних камер $N = 1$ шт.

Тоді об'єм однієї камери:

$$V = \frac{V}{N} = \frac{339.5}{1} = 339.5 \text{ м}^3 \quad (2.2)$$

Приймаємо висоту приймальної камери $H = 5 \text{ м}$.

Площа приймальної камери :

$$F = \frac{V}{H} = \frac{339.5}{5} = 67.9 \text{ м}^2 \quad (2.3)$$

Приймаємо ширину приймальної камери $B = 6 \text{ м}$.

Довжина приймальної камери:

$$L = \frac{F}{B} = \frac{67.9}{6} = 12 \text{ м} \quad (2.4)$$

2.2 Розрахунок баків регенераційних розчинів

Проектування витратного баку NaCl для регенерації катіоніту I ступеню:

За даними розрахунків матеріального балансу, об'єм розчину 7%-го NaCl , що використовується для регенерації катіоніту: $V(\text{NaCl}) = 6,5 \text{ м}^3$. Об'єм баку регенераційного розчину приймаємо рівним об'єму NaCl .

Розраховуємо площу перерізу, приймаємо висоту $h = 4 \text{ м}$:

$$F = \frac{W_p}{h} = \frac{6.5}{4} = 1,6 \text{ м}^2 \quad (2.5)$$

де W_p - об'єм регенераційного розчину, м^3 .

Розраховуємо діаметр:

$$D = 2 \cdot \sqrt{\frac{F}{\pi}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{1,6}{3,14}} = 1,4 \text{ м} \quad (2.6)$$

					Пояснювальна записка	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проектування витратного баку NaCl для регенерації катіоніту II ступеню:

За даними розрахунків матеріального балансу, об'єм розчину 10%-го NaCl, що використовується для регенерації катіоніту: $V(\text{NaCl}) = 6.4 \text{ м}^3$. Об'єм баку регенераційного розчину приймаємо рівним об'єму NaCl.

Розраховуємо площу перерізу, приймаємо висоту $h = 4 \text{ м}$:

$$F = \frac{W_p}{h} = \frac{6.4}{4} = 1,6 \text{ м}^2 \quad (2.7)$$

Розраховуємо діаметр:

$$D = 2 \cdot \sqrt{\frac{F}{\pi}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{1,6}{3,14}} = 1,4 \text{ м} \quad (2.8)$$

2.3 Розрахунок баків накопичувачів

Об'єми баків баків приймаються рівними об'ємам води, що використовується для регенерації та промивки катіоніту I ступеня: $V = 15.7 \text{ м}^3$

Розраховуємо площу перерізу, приймаємо висоту $h = 5 \text{ м}$

$$F = \frac{W}{h} = \frac{15.7}{5} = 3.1 \text{ м}^2 \quad (2.9)$$

де W - об'єми використаних регенераційних розчинів та промивних вод, м^3 .

Розраховуємо діаметр :

$$D = 2 \cdot \sqrt{\frac{F}{\pi}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{3.1}{3,14}} = 2 \text{ м} \quad (2.10)$$

Об'єми баків баків приймаються рівними об'ємам води, що використовується для промивки та спущення катіоніту II ступеня: $V = 12.8 \text{ м}^3$

Розраховуємо площу перерізу, приймаємо висоту $h = 5 \text{ м}$:

$$F = \frac{W}{h} = \frac{12.8}{5} = 2.6 \text{ м}^2 \quad (2.11)$$

Розраховуємо діаметр:

$$D = 2 \cdot \sqrt{\frac{F}{\pi}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{2.6}{3,14}} = 1.8 \text{ м} \quad (2.12)$$

2.4 Розрахунок іонообмінних фільтрів

					Пояснювальна записка	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Обчислення об'єму та площі катіонообмінних фільтрів проводилися в розділі матеріального балансу. Тому визначимо загальний об'єм іонообмінних колон та діаметр кожного з фільтрів. Та наведемо характеристики іонообмінних фільтрів (табл.2.1.).

Загальний об'єм катіонообмінних колон I та II ступеню визначаємо за формулою:

$$W_{\text{колонн}} = W_{\text{к}} + 1 = 2,5 + 1 = 3,5 \text{ м}^3. \quad (2.13)$$

де $W_{\text{к}}$ – об'єм катіоніту, м^3 .

Діаметр фільтра визначається за формулою:

$$D = 2 \cdot \sqrt{\frac{F}{\pi}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{0,7}{3,14}} = 1 \text{ м} \quad (2.14)$$

де F – це площа кожного з фільтрів, яка, згідно виконаних вище розрахунків, складає $0,7 \text{ м}^2$.

Таблиця 2.4.1 - Характеристика іонообмінних фільтрів

Марка фільтру	Розмір гранул іоніту, мм	Вміст, %		Насипна густина товарного іоніту, т/м^3	Питомий об'єм набряклого іоніту, $\text{м}^3/\text{т}$
		Робочої фракції	вологи		
КУ-2-8	0,315-1,25	93,0	40-60	0,72-0,8	2,9

2.5 Розрахунок резервуару пом'якшеної води

Час перебування води в резервуарі пом'якшеної води – 1 год. Приймаємо кількість резервуарів пом'якшеної води N – 1 шт. Тоді об'єм однієї камери[11]:

$$V = Q \cdot t = \frac{500 \cdot 16}{24} \cdot 1 = 333,3 \text{ м}^3 \quad (2.15)$$

де t - час перебування води в камері $t = 60 \text{ хв} = 1 \text{ год}$; Q – витрата води, $\text{м}^3/\text{год}$.

Приймаємо висоту резервуару пом'якшеної води $H = 5 \text{ м}$.

Площа резервуару пом'якшеної води:

$$F = \frac{V}{H} = \frac{333,3}{5} = 66,7 \text{ м}^2 \quad (2.16)$$

Приймаємо ширину резервуару пом'якшеної води $B = 6$ м.

Довжина резервуарі пом'якшеної води:

$$L = \frac{F}{B} = \frac{333.3}{6} = 12 \text{ м} \quad (2.17)$$

2.6 Розрахунок вертикального відстійнику

При проектуванні вертикальних відстійників спочатку розраховують площу зони відстоювання, м^2 :

$$F_{з.в.} = \frac{q \cdot \beta}{3.6 \cdot V \cdot N} = \frac{(15.9/24) \cdot 1.5}{3.6 \cdot 0.07 \cdot 1} = 3.9 \text{ м}^2 \quad (2.18)$$

де q – витрата води, $\text{м}^3/\text{год}$; V – швидкість підйому води, ($V < U_0$), $\text{мм}/\text{с}$; U_0 – швидкість висадження осаду, $0.08 - 0.6 \text{ мм}/\text{с}$; N – число відстійників; β – коефіцієнт, який враховує повноту використання об'єму відстійника (зниження ефективності відстоювання за рахунок вертикального руху води); $\beta = 1.3$ при $B/H = 1$, $\beta = 1.5$ при $B/H = 1.5$; B – ширина відстійника, квадратного в плані; H – висота відстійника.

Площа отвору, м^2 , насадки визначається за витратою води та швидкістю виливання води:

$$f_0 = \frac{q}{3600 \cdot 2 \cdot V_H} = \frac{15.9/24}{3600 \cdot 2 \cdot 3} = 0.01 \text{ м}^2 \quad (2.19)$$

де V_H - швидкість виливання води з насадки ($3 \text{ м}/\text{с}$);

Діаметр отвору насадки, м, розраховується за формулою:

$$d_{\text{отв}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{f_0}{\pi}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{0.01}{3.14}} = 0.01 \text{ м} \quad (2.20)$$

Площа перерізу камери, м^2 визначається за формулою:

$$f_k = \frac{q \cdot t}{60 \cdot N_k \cdot H_k} = \frac{15.9/24 \cdot 20}{60 \cdot 1 \cdot 5} = 0.09 \text{ м}^2 \quad (2.21)$$

де N_k – число камер; H_k – висота камери, м.

де t – час перебування води в камері (20 хв);

Діаметр камери, м, визначають виходячи з площі перерізу камери:

					Пояснювальна записка	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$D_k = 2 \cdot \sqrt{\frac{f_k}{\pi}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{0.09}{3.14}} = 0.35 \text{ м} \quad (2.22)$$

Гідравлічний опір при виливанні води з насадок визначають за швидкістю виливання води з насадки:

$$h = \lambda \cdot \frac{V_H^2}{2 \cdot g} = 1.118 \cdot \frac{3^2}{2 \cdot 9.8} = 0.51 \quad (2.23)$$

де λ – коефіцієнт гідравлічного опору тертя, $\lambda = 1.118$

Ширину квадратного відстійника визначають за формулою:

$$B = \sqrt{F_{з.в.} + f_k} = \sqrt{3.9 + 0.01} = 2.01 \text{ м} \quad (2.24)$$

Беремо висоту відстійника - 2.5 м, ширину і довжину - 2.5 м відповідно.

Висоту нижньої частини розраховують із діаметру або ширини верхньої частини і діаметру патрубку для відведення осаду:

$$h_{н.ч.} = \frac{B-d}{2 \cdot t \cdot g \cdot (90-\beta')} = \frac{2.01 - 0.01}{2 \cdot 20 \cdot 9.8 \cdot (90-50)} = 0.01 \text{ м} \quad (2.25)$$

де β' – кут нахилу стінок нижньої частини, $\beta' = 50$; d - діаметр патрубку для відведення осаду, м

Площа перерізу патрубку для відведення осаду, м^2 , буде:

$$f' = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3.14 \cdot 1}{4} = 0.79 \quad (2.26)$$

Об'єм зони накопичення осаду, м^3 , розраховують за формулою:

$$W = \frac{1}{3} \cdot h_{н.ч.} \cdot (F + f' + \sqrt{F \cdot f'}) = \\ = \frac{1}{3} \cdot 0.01 \cdot (21.23 + 4.17 + \sqrt{21.23 \cdot 4.17}) = 0.02 \text{ м}^3 \quad (2.27)$$

2.7 Розрахунок бака-усереднювача

Площа перерізу, м^2 , розраховується за формулою:

$$F_{з.в.} = \frac{q}{3.6 \cdot V \cdot N} = \frac{(15.9/24)}{3.6 \cdot 0.07 \cdot 1} = 3.9 \text{ м}^2 \quad (2.28)$$

де q – витрата води, $\text{м}^3/\text{год}$; V – швидкість підйому води; N – число баків-усереднювачів; B – ширина бака-усереднювача, квадратного в плані; H – висота бака-усереднювача.

					Пояснювальна записка	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Площа отвору, м², насадки визначається за формулою:

$$f_0 = \frac{q_1}{3600 \cdot 2 \cdot V_H} = \frac{15.9/24}{3600 \cdot 2 \cdot 3} = 0.01 \text{ м}^2 \quad (2.29)$$

де V_H - швидкість виливання води з насадки (3 м/с);

Діаметр отвору насадки, м, розраховується за формулою:

$$d_{\text{отв}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{f_0}{\pi}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{0.01}{3.14}} = 0.01 \text{ м} \quad (2.30)$$

Площа перерізу камери, м² визначається за формулою:

$$f_k = \frac{q \cdot t}{60 \cdot N_6 \cdot H_6} = \frac{15.9/24 \cdot 20}{60 \cdot 1 \cdot 2.5} = 0.09 \text{ м}^2 \quad (2.31)$$

де N_k – число баків-усереднювачів; H_k – висота баку-усереднювача, м.

Ширину визначають за формулою:

$$B = \sqrt{F_{\text{з.в.}} + f_k} = \sqrt{3.9 + 0.01} = 2.01 \text{ м} \quad (2.32)$$

Беремо висоту баку-усереднювача - 2.5 м, ширину і довжину - 2.5 м відповідно.

2.8 Розрахунок шламосховища

Об'єм шламосховища розраховують у відповідності з часом перебування осаду в ньому:

$$V = W \cdot t = 0.007 \cdot 7 = 0.5 \text{ м}^3 \quad (2.33)$$

Об'єм осаду, що надходить до шламосховища протягом доби $W = 0.007 \text{ м}^3/\text{добу}$. Час перебування в шламосховищі – 7 діб.

Приймаємо висоту шламосховища $H = 0.5 \text{ м}$.

Площа шламосховища:

$$F = \frac{V}{H} = \frac{0.5}{0.7} = 0.7 \text{ м}^2 \quad (2.34)$$

Діаметр шламосховища:

$$D = 2 \cdot \sqrt{\frac{F}{\pi}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{0.7}{3.14}} = 1 \text{ м} \quad (2.35)$$

Також в даній технологічній схемі було використано:

					Пояснювальна записка	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

I - фільтр-прес стрічковий - ЕФП з даними характеристиками:

- ширина фільтруючого полотна - 1,0 м;
- продуктивність по вихідному продукту - 7-15 м³/год;
- вологість вихідного продукту - 96-99%;
- вологість зневодненого осаду - 70%;
- робоча ширина фільтруючих стрічок - 800 мм;
- швидкість руху основних стрічок - від 1,03 до 5,49 м/хв;
- швидкість руху гравітаційного столу - від 1,16 до 5,86 м/хв;
- регулювання швидкостей руху стрічок – безступінчасте;
- напруга живильної мережі - 380 В;
- частота мережі - 50 Гц;
- витрата повітря в пневмосистемі - 50 дм³/хв;
- тиск в магістралі, що підводить пневмосистеми – 5 бар;
- матеріал основних частин, що стикаються з продуктом і фільтратом - сталь AISI 304, гума, поліамід на основі порошкової термопластичної фарби;
- матеріал рами - вуглецева сталь з антикорозійним покриттям;
- габарити: довжина - 4,7 м; ширина - 1,5 м; висота - 2,5 м; маса – 4,2 т.

II – вакуумний стрічковий фільтр ЛОП з даними характеристиками:

- площа поверхні фільтрування – 1.8 м²;
- робочий тиск – 0.05 МПа;
- потужність – 1.2 кВт;
- габарити: довжина - 6,1 м; ширина - 2,1 м; висота - 1,7 м; маса – 2,2 т.

III - консольні насоси KDN 50-250 з даними характеристиками:

- напір (м.) : до 76;
- продуктивність (макс.): 100 м³/год;
- матеріал робочого колеса - чугун;
- фланець - DN 65/50.

IV - мембранні пневматичні насоси-дозатори MPUMPS BOAQ55 з даними характеристиками:

- підключення рідини - 1/2 "BSP;

					Пояснювальна записка	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- підключення повітря 1/4" BSP;
- максимальна продуктивність 55 дм³/хв;
- максимальний тиск повітря - 8 бар;
- максимальний напір - 70 мм.вод.ст;
- максимальна висота всмоктування в сухому стані - 3 м;
- максимальна висота всмоктування під затокою - 9.8 м;
- максимальний розмір твердих частинок - 3.5 мм;
- рівень шуму - 68 дБ;
- зсув за цикл - 140 см³;
- матеріал виконання корпусу: PP, AISI 316, PVDF + CF, Aluminium.

					Пояснювальна записка	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА

3.1. Об'ємно-планувальне вирішення будівлі

Одноповерхова будівля каркасного типу, двопрольотна (проліт 18 м), крок колон 12 м, висота поверху 12,6 м, довжина будівлі 120 м. В споруді встановлено мостовий кран вантажопідйомністю 10 т, відмітка голівки кранового рельсу знаходиться на відмітці 9,65 м.

Колони в будівлі залізобетонні, двогілкові, з кроком 12 м; колони фахверку сталеві з кроком 6 м. Фундамент колон із залізобетону стаканного типу. Роль несучих конструкцій покриття виконують двоскатні залізобетонні балки двотаврового перерізу. Покриття зі збірних залізобетонних плит 12х1,5 м з ребрами жорсткості. Вікна стрічкові, висота 7,2 м, ширина рами 6 м; ворота становлені розпашні 4х4,2 м.

Стіна крупноблочна товщиною 150 мм. Прив'язка колон до поздовжніх розбивочних осей становить 250 мм, до поперечних прив'язка встановлена 500 мм. У місці деформаційного шва прив'язка колон до поперечної осі встановлена 500 мм.

Адміністративно-побутові приміщення винесено до прибудови, сітка колон 3х6 м, висота прибудови становить 3,6 м.

3.2. Вибір конструктивних елементів будівлі

Враховуючи задані параметри будівлі, було обрано залізобетонні двогілкові колони серії КЭ-01-52 (рис. 3.2.1.) для одноповерхових промислових будівель в яких влаштований мостовий кран: ширина колони $b = 500$ мм, $h = 600$ мм, $h_H = 1300$, $h_{\text{вет}} = 250$, висота $H = 13950$, висота верхньої частини колони $H_B = 4500$.

					Пояснювальна записка	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

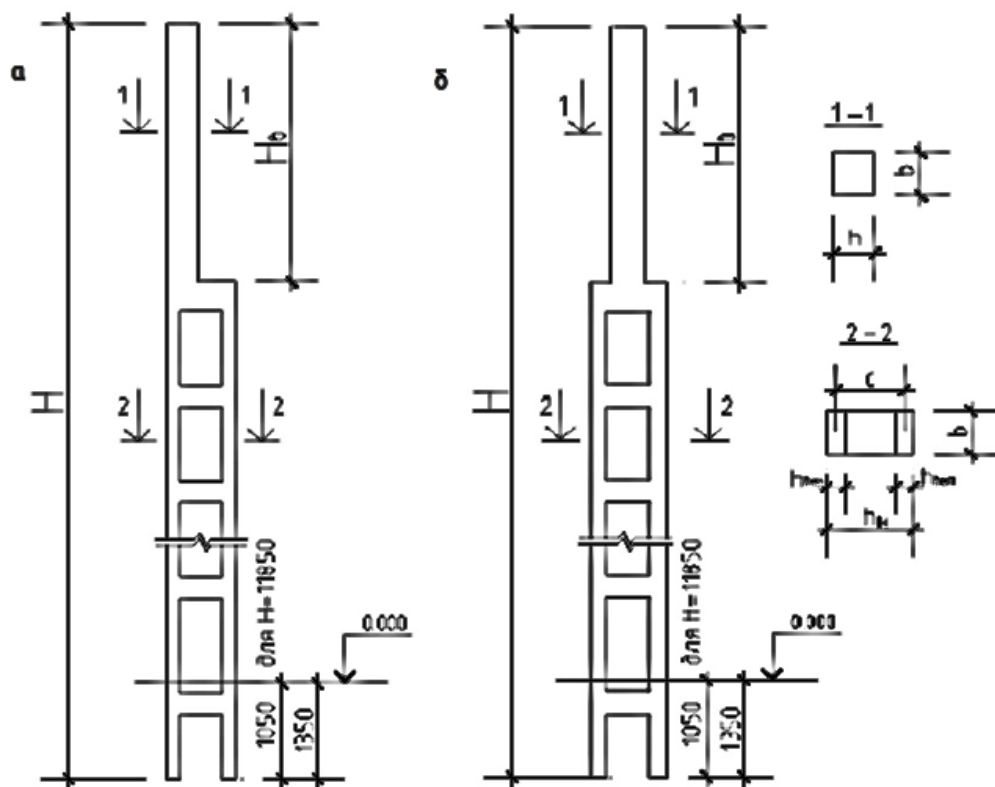


Рисунок 3.2.1 – Двогількова колона: а – крайнього ряду; б – середнього ряду

Для даної колони обрано підколонник з розмірами поперечного перерізу 2100×1200 мм. Під колони вибраний стовпчастий двоступінчатий фундамент (рис.3.2.2), що має такі розміри: склянки - $a_n \times b_n = 1500 \times 700$ мм, підколінника - $a \times b = 2100 \times 1200$ мм, підошва - $a_1 \times b_1 = 2700 \times 2100$ мм, щаблі - $a_2 \times b_2 = 3600 \times 3000$ мм. Сходи плит всіх фундаментів мають єдину уніфіковану висоту 300 мм.

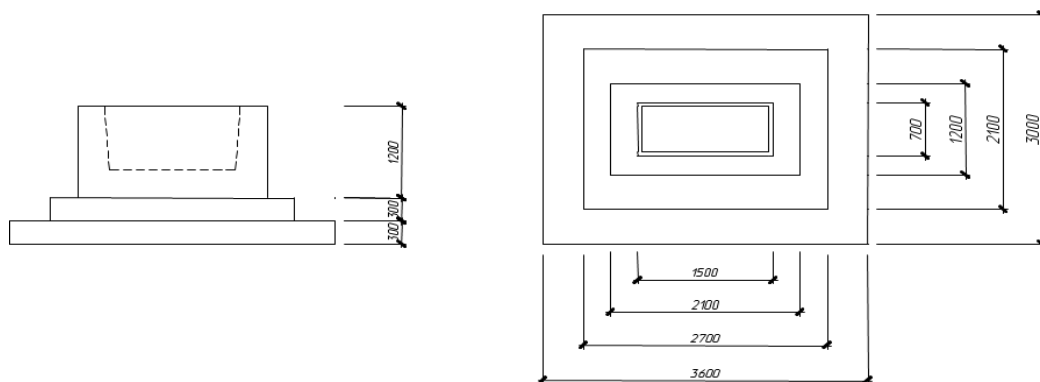


Рисунок 3.2.2 - Фундамент колон

					Пояснювальна записка	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Вантажопідйомність мостового крану становить 10 т, тому для нього було обрано підкранову балку (рис.3.2.3.) двотаврового перерізу висотою 1,4 м.

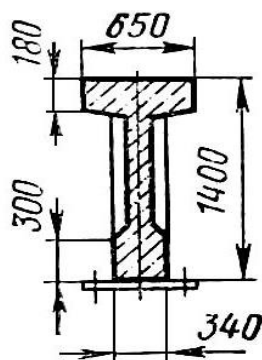


Рисунок 3.2.3 – Підкранова балка

На колони встановлено двоскатні залізобетонні балки покриття марки 1Б8-18-1 (рис.3.2.4), які мають довжину 18 м, що відповідає довжині прольоту.

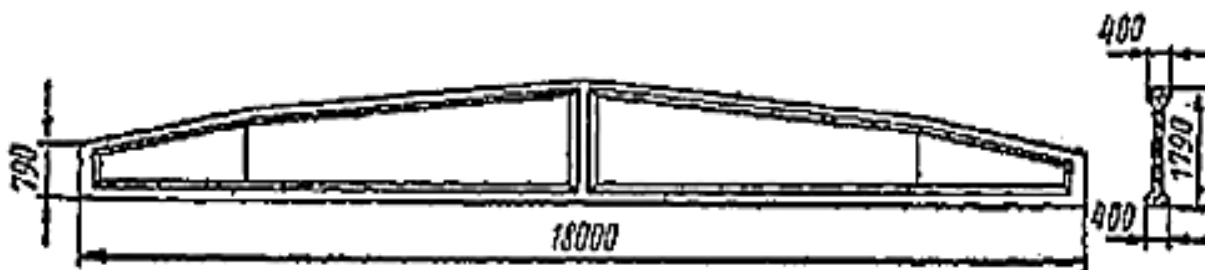


Рисунок 3.2.4 – Балки покриття

Покриття будівлі зроблено із залізобетонних плит (рис.3.2.5) розміром 12х1,5 м.

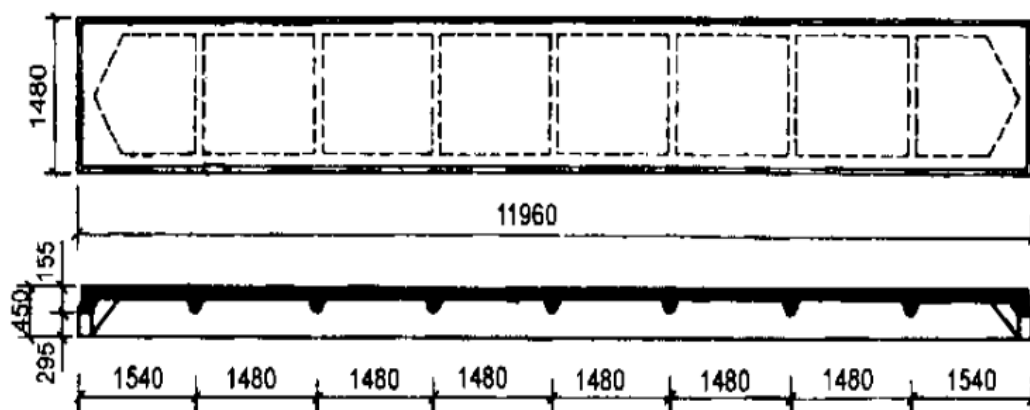


Рисунок 3.2.5 – Плити покриття

					Пояснювальна записка	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Вікна стрічкові, ширина рами 6 м, висота 7,2 м. До будівлі на вхід встановлено сталеві двопільні розпашні двері висотою 2 м та шириною 1,5 м. Влаштовані розсувні ворота висотою 4,2 м та шириною 4 м. Стіни крупноблочні, товщиною 150 мм виконані.

Покриття будівлі укладається на залізобетонні плити та містить 4 шари (10 мм бітуму, 100 пінополістиролу, 10 мм цементної стяжки та 20 мм гравію з бітумом).

Підлога будівлі укладається на ґрунт, що є основою та містить 4 шари: 150 мм щебню, 30 мм рубероїду, 30 мм бетонного розчину та 30 мм полімерного бетону.

У адміністративно-побутовому приміщенні влаштовані колони (0,4x0,4 м) з кроком 6x3 м. Стіни нависні, товщиною 0,2 м, зроблені з газобетонних панелей. Плити покриття вкладаються на ригель товщиною 800 мм. Двері, що влаштовані у приміщенні – розпашні дерев'яні однопільні шириною 0,8 м та висотою 2 м.

Підлога адміністративно-побутових приміщень також укладається на ґрунт, що є основою та містить 4 шари: 150 мм щебню, 30 мм рубероїду, 30 мм мінеральної вати та 5 мм полімерного бетонуламінату.

3.3. Розміщення очисних споруд

Обладнання в цеху влаштоване на відмітці +0,000, в місцях перепаду висот встановлені насоси.

Приймальна камера розташована на початку виробничого приміщення.

На відстані 1,5 м від камери попарно влаштовані катіонообмінні фільтри I та II ступеню.

Ліворуч від фільтрів влаштовані баки з регенераційними розчином; праворуч – баки-накопичувачі, бак-усереднювач та вертикальний відстійник.

Після основного технологічного обладнання встановлено камеру пом'якшеної води, праворуч від якої встановлені вакуумний стрічковий фільтрб шламосховище та стрічковий фільтр-прес.

					Пояснювальна записка	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кількість та розміри всіх очисних споруд та обладнання наведені в табл.3.3.1.

Таблиця 3.3.1 – Кількість та розміри обраних споруд

	Кіль- кість, м	Висота, м	Діаметр, м	Ширина, м	Довжина, м
Приймальна камера	1	5	-	6	12
Катіоніт I ступеню	2	3.5	1	-	-
Катіоніт II ступеню	2	3.5	1	-	-
Резервуар пом'якшеної води	1	5	-	6	12
Витратний бак 7% NaCl	1	5	1.6	-	-
Витратний бак 10% NaCl	1	4	1.4	-	-
Бак- накопичувач I ступеню	1	5	2	-	-
Бак- накопичувач II ступеню	1	5	1.8	-	-
Бак-усереднювач	1	5	-	2.5	2.5
Вертикальний відстійник	1	2.5	-	2.5	2.5
Вакуумний стрічковий фільтр	1	1.7	-	2.1	6.1
Шламосховище	1	0.5	1	-	-
Фільтр-прес	1	2.5	-	1.5	3.7

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності[12].

Мета охорони праці - забезпечення безпечних умов праці.

Завданням охорони праці є мінімізація вірогідності травмувань та виникнення професійних захворювань.

У представленій дипломній роботі питання охорони праці розглядається на підприємстві, де виробляються хімічні речовини і хімічна продукція.

Темою дипломного проекту є розробка проекту установки натрій-катіонного пом'якшення води.

У цьому розділі на підставі аналізу шкідливих виробничих чинників розроблені заходи зі створення безпечних умов праці для персоналу, який обслуговує установку натрій-катіонного пом'якшення води в цеху площею 4320 м², об'ємом 54432 м³. Робота персоналу проводиться на території всього цеху.

На робочому місці обслуговуючого персоналу присутні наступні небезпечні фактори:

- повітря робочої зони;
- електробезпека;
- вибухопожежонебезпека;
- освітлення.

4.1. Повітря робочої зони

Згідно ДСН 3.3.6.042-99 на очисних спорудах в цеху будуть виконуватись легкі фізичні роботи, які відносяться до категорії Іб. До цієї категорії належать роботи, що виконуються сидячи, стоячи або пов'язані з ходінням та супроводжуються деяким фізичним напруженням, при цьому витрата енергії обслуговуючого персоналу дорівнює 141 – 175 Вт (121 – 150 ккал/год) [13].

					Пояснювальна записка	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Мікрокліматичні умови виробничих приміщень характеризуються такими показниками:

- температура повітря (°C),
- відносна вологість повітря (%),
- швидкість руху повітря (м/с).

Параметри повітря робочої зони наведені в табл. 4.1.1.

Температура повітря та вологість вимірюється за допомогою аспіраційних психрометрів із ртутними термометрами, швидкість руху повітря – за допомогою анемометрів ротаційної дії.

Таблиця 4.1.1 – Параметри повітря робочої зони

Величини	Оптимальні		Фактичні	
Період року	Теплий	Холодний	Теплий	Холодний
Температура повітря, °C	22 – 24	21 – 23	22 – 25	20 – 22
Відносна вологість, %	40 – 60	40 – 60	40 – 55	45 – 60
Швидкість руху, м/с	0,2	0,1	0,1 – 0,2	0,1 – 0,2

Фактичні нормативи забезпечуються такими засобами:

- оптимальне планування виробничих приміщень і раціональне розміщення в них устаткування з волого -, тепло- та холодовиділеннями;
- проточна та витяжна системи загальнообмінної механічної вентиляції;
- максимальна автоматизація та механізація технологічних процесів;
- жалюзі на вікнах;
- центральна система опалення;
- спецодяг.

Фактичні параметри повітря робочої зони відповідають ДСН 3.3.6.042-99. У місцях виділення шкідливих речовин встановлена місцева вентиляція та установки фільтрації повітря, що забезпечують фактичну концентрацію шкідливості 4-5 мг/ дм³. Значення відповідають ГОСТ 12.1.005-88/98.

4.2. Електробезпека

Згідно правилам улаштування електроустановок за чинниками виробничого середовища, приміщення цеху вважається сухим, оскільки

					Пояснювальна записка	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відносна вологість не перевищує 60%.

Живлення електроустаткування передбачається від трифазної чотирьохпрохідної електричної мережі змінного струму промислової частоти $f = 50$ Гц з ізолюваною нейтральною мережею з напругою $U = 220 - 380$ В.

Головними причинами враження електричним струмом є:

- поява напруги на корпусі електроустановки або на електрично зв'язаних з ним металоконструкціях у результаті пошкодження ізоляції;
- поява напруги на ізолюваних струмовідних частинах електроустановок у результаті пошкодження ізоляції;
- доступність неізолюваних струмовідних частин електроустановок, які знаходяться під напругою, що призводить до випадкового дотику до них;
- потрапляння в зону розтікання струму в землі;
- виникнення електричної дуги між струмовідними частинами і тілом людини[14].

Засоби для забезпечення безпеки обслуговування електроустановок:

- огороження та ізоляція струмовідних частин електроустаткування;
- відключення від джерела струму установок, що ремонтуються;
- автоматичне вимкнення пошкоджених ділянок мережі та частин електроустаткування, які випадково опинилися під напругою;
- занулення корпусів електроустаткування і елементів електроустановок, які можуть опинитися під напругою внаслідок пошкодження ізоляції;
- розділові трансформатори;
- попереджувальні плакати та надписи та спецодяг.

4.3. Вибухопожежонебезпека

До горючих речовин насамперед відносять компаунди (Металік-Д, УП-5-132-1). За ступенем шкідливого впливу затверджувачі відносяться до 2 класу небезпеки ($ГДК = 1$ мг/м³). За вибухопожежною та пожежною небезпекою відповідно до НАПБ Б.07.005186 (ОНП24186) цех відноситься до категорії В (пожежонебезпечна). Тобто приміщення, в яких знаходяться горючі рідини, тверді горючі та важкогорючі речовини, волокна, матеріали здатні при

					Пояснювальна записка	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

взаємодії з водою, киснем повітря або одне з одним горіти лише за умови, що приміщення, де вони знаходяться або використовуються, не відносяться до категорій А та Б[15].. Зона впливу 5х5х5 м. Нижня концентраційна межа вибуху (НКМВ) 16%.

Приміщення обладнане аварійною вентиляцією з продуктивністю $L=8 \cdot K = 8 \cdot V$. Система спрацьовує при НКМВ = 20%.

Вентиляція виготовлена з кольорових сплавів, що відповідає за її вибухозахищеність.

Заходи по пожежному захисту:

- охоронно-пожежна сигналізація та система сповіщення (теплові сповіщувачі СП-105);
- стаціонарні порошкові вогнегасники ВП-5 (6 шт.);
- автоматична спринклерна водяна система пожежогасіння;
- ящики з піском, ковдри, відра;
- раціональне розміщенням горючих речовин на території цеху та обмеження їхньої кількості;
- евакуаційні виходи;
- індивідуальні засоби захисту;

4.4. Промислове освітлення

Лабораторія освітлюється за допомогою природного і штучного способів.

Природне освітлення забезпечують прямі сонячні промені, які проникають крізь вікна.

Штучне освітлення передбачає розміщення світильників у верхній частині приміщення та світильників, що концентрують світловий потік безпосередньо на робоче місце.

Фактичні параметри відповідають нормам при штучному комбінованому освітленні і складає 300 Лк. Для цього використовуються світлодіодні лампи ($W=18 \text{ Вт}$, $\phi=3000 \text{ Лм}$).

Підприємство працює в умовах достатньої освітленості для виконання роботи, відповідно до ДБН В.2.5-28-2006[16].

					Пояснювальна записка	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

1. Наведено характеристики та вимоги до пом'якшеної води. Розроблено та обґрунтовано технологічну схему. Проведені розрахунки матеріального балансу. Наведені теоретичні дані про хімічні та фізичні процеси, що реалізуються в даній технологічній схемі.

2. Проведені технологічні та гідравлічні розрахунки очисних споруд. Підібрано відповідне обладнання.

3. Розроблено та описано об'ємно-планувальне вирішення будівлі та розміщення очисних споруд. Обрано конструктивні елементи.

4. Проведено аналіз шкідливих виробничих чинників. Розроблені заходи зі створення безпечних умов праці для обслуговуючого персоналу.

					Пояснювальна записка	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кульский Л.А., Строкач П.П. Технология очистки природных вод. - Вища школа. Киев, 1986 - 352 с.
2. Абрамов А.И., Елизаров Д.П., Ремезов А.Н. и др. Повышение экологической безопасности тепловых электростанций. Учебное пособие. Под ред. А.С. Седлова. - М.: МЭИ, 2001. - 378 с.
3. Клименко А.В., Зорин В.М. Теплоэнергетика и теплотехника: Общие вопросы. - М.: МЭИ, 1999 — 528 с.
4. Алексеев Л.С., Гладков В.А. Улучшение качества мягких вод. - М., Стройиздат, 1994 г.
5. Алферова Л.А., Нечаев А.П. Замкнутые системы водного хозяйства промышленных предприятий, комплексов и районов. - М., 1984.
6. Аюкаев Р.И., Мельцер В.З. Производство и применение фильтрующих материалов для очистки воды. - Л., 1985.
7. Вейцер Ю.М., Милиц Д.М. Высокомолекулярные флокулянты в процессах очистки воды. - М., 1984.
8. Егоров А.И. Гидравлика напорных трубчатых систем в водопроводных очистных сооружениях. - М., 1984.
9. Журба М.Г. Очистки воды на зернистых фильтрах. - Львов, 1980.
10. М.Д. Гомеля, В.М. Радовенчик, Т.О. Шаблій Основи проектування. Очисні споруди. – К.: НТУУ „КПІ”, 2013.
11. Родионов А.И., Клушин В.Н., Торочешников П.С. Техника защиты окружающей среды. - М.: Химия, 1989. – 512 с.
12. Верховна Рада України Закон України "Про охорону праці" № 229-IV, 21.11.2002
13. Міністерства охорони здоров'я України, Головний державний санітарний лікар України Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99 № 42 від 01.12.99 - м.Київ
14. В.І. Голінько Основи Охорони Праці – Дніпропетровськ НГУ, 2014. – 272 с.

					Пояснювальна записка	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

15. М.С. Одарченко, А.М. Одарченко, В.І. Степанов, Я.М. Черенко
Основи охорони праці. Підручник – Харків: Стил-Издат, 2017 – 341 с.

16. ДЕРЖАВНІ БУДІВЕЛЬНІ НОРМИ УКРАЇНИ Інженерне обладнання
будинків і споруд ПРИРОДНЕ І ШТУЧНЕ ОСВІТЛЕННЯ ДБН В.2.5-28-2006
Видання офіційне Київ: Мінбуд України - 2006. - 96 с.

					Пояснювальна записка	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток 1

ЕКСПЛІКАЦІЯ ДО ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ									
Номер		Найменування					Кількість		
		Технологічна схема							
1		Приймальна камера					1		
2		Насос					4		
3		Катіоніт I ступеню					2		
4		Катіоніт II ступеню					2		
5		Резервуар пом'якшеної води					1		
6		Витратний бак 7% NaCl					1		
7		Витратний бак 10% NaCl					1		
8		Насос-дозатор					2		
9		Бак-накопичувач I ступеню					1		
10		Бак-накопичувач II ступеню					1		
11		Бак-усереднювач					1		
12		Вертикальний відстійник					1		
13		Шламосховище					1		
14		Стрічковий фільтр-прес					1		
15		Вакуумний стрічковий фільтр					1		

Додаток 1

[illegible]

					ДП ЛЕ51. 12.019 СТ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Рижук О.М.			Експлікація до технологічної схеми	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Гомеля М.Д.					65	67
Реценз.						КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ЕтаТРП Гр. ЛЕ-51		
Н. Контр.								
Затверд.		Гомеля М.Д.						

Додаток 2

ЕКСПЛІКАЦІЯ ДО ПЛАНУ ЦЕХУ НА ВІДМ. +0,000									
Номер		Найменування					Кількість		
		Генеральний план							
1		Приймальна камера					1		
2		Катіоніт I ступеню					2		
3		Катіоніт II ступеню					2		
4		Резервуар пом'якшеної води					1		
5		Бак накопичувач I ступеню					1		
6		Бак накопичувач II ступеню					1		
7		Бак-усереднювач					1		
8		Вертикальний відстійник					1		
9		Вакуумний стрічковий фільтр					1		
10		Шламосховище					1		
11		Фільтр-прес					1		

Додаток 3

ЕКСПЛІКАЦІЯ ДО ПОПЕРЕЧНОГО РОЗРІЗУ ЦЕХУ									
Номер		Найменування					Кількість		
		Генеральний план							
1		Відстійник					1		
2		Бак накопичувач II ступеню					1		
3		Бак накопичувач II ступеню					1		
4		Витратний бак 10% NaCl					1		

Додаток 4

ЕКСПЛІКАЦІЯ ДО ПОВЗДОВЖНЬОГО РОЗРІЗУ ЦЕХУ									
Номер		Найменування					Кількість		
		Повздовжній розріз цеху							
1		Приймальна камера					1		
2		Бак накопичувач I ступеню					1		
3		Бак накопичувач II ступеню					1		
4		Шламосховище					1		
5		Резервуар очищеної води					1		
6		Стрічковий вакуумний фільтр					1		

Додаток 5

ЕКСПЛІКАЦІЯ ДО ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНУ									
Номер		Найменування					Кількість		
		Генеральний план							
1		Склад ЛЗР							
2		Компресорна							
3		Цех АПН							
4		Цех №1 Корпус №1							
5		Цех №1 Корпус №2							
6		Завод «Протекон»							
7		Фабрика спеціальних меблів							
8		Адміністративно-побутові приміщення							
9		Виробничий цех з очисними спорудами							